

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**APLICAÇÃO DE ULTRAFILTRAÇÃO DE LEITE NO  
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO PRATO**

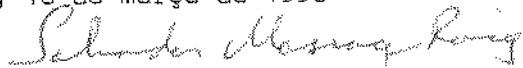
**ELIANA PAULA RIBEIRO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. SALVADOR MASSAGUER ROIG**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por ELIANA PAULA RIBEIRO e aprovada pela Comissão Julgadora em 15 de março de 1996.

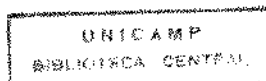
Campinas, 15 de março de 1996



PROF. DR. SALVADOR MASSAGUER ROIG  
Presidente da Banca

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

Campinas-S.P.-1996



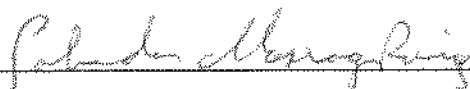
UNIDADE	BC
UNICAMP	
R354a	
27449	
667/96	
88 11,00	
25/04/96	
N.º CDS	

CM-00087120-4

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

R354a	Ribeiro, Eliana Paula Aplicação de ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo prato / Eliana Paula Ribeiro. -- Campinas, SP [s.n.], 1995.
	Orientador: Salvador Massaguer Roig Tese (doutorado)-Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia de Alimentos
	1 Ultrafiltração 2 Queijo prato 3 Queijarias 4 Bactérias produtoras de ácido láctico 5 *Concentrado I Roig, Salvador Massaguer. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos III. Título

**BANCA EXAMINADORA**

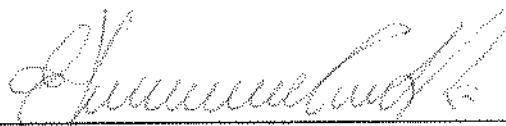


---

Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig  
(Orientador)

---

Dr<sup>a</sup> Ariene Gimenez Van Dender  
(Membro)



---

Prof. Dr. Elizeu Antonio Rossi  
(Membro)

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Lucia Regina Darront  
(Membro)



---

Dr. Lúcio Alberto Forti Antunes  
(Membro)



---

Prof. Dr. Luiz Francisco Prata  
(Membro)



---

Prof. Dr. Ranulfo Monte Alegre  
(Membro)

*"Mas essa impotência em perceber a essência real,  
Embora comum para os homens comuns não é universal  
Porque a essência e seus segredos mais profundos  
Estão abertos e manifestos aos olhos do perfeito"*  
Jalaluddin Rumi

Aos meus pais Sebastião Gonçalves  
Ribeiro e Paula Petsch Ribeiro, e  
ao Fábio Jose com muito amor.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig pela orientação e amizade.

Aos membros da banca Dr<sup>a</sup> Ariene Gimenez Van Dender, Prof. Dr. Elizeu Antonio Rossi, Dr. Lúcio Alberto Forti Antunes, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lucia Regina Darront, Prof. Dr. Luiz Francisco Prata e Prof. Dr. Ranulfo Monte Alegre, por suas valiosas sugestões na tese.

Ao Instituto Mauá de Tecnologia pelo apoio e pelo subsidio dado a esse trabalho.

À mestra e amiga Ana Lourdes Neves Gândara pelas análises microbiológicas, pela hospedagem, carinho e tudo mais.

Ao meu amigo Ricardo Calvo Costa pelo auxílio nos processamentos de ultrafiltração.

À Claudia Breviário pelo auxílio nos processamentos de queijo e a Maria Elizabeth pelo auxílio nas análises.

Ao Renato, ao Daniel e ao Luiz pelo enorme auxílio nas análises físico-químicas.

A minha amiga Edilene Amaral de Andrade Adell por tudo.

Aos meus colegas do Departamento de Engenharia de Alimentos da Escola de Engenharia Mauá: Adelino, Borzani, Cynthia, Denis, Elisena, Gustavo, Léo e Triboli pela valiosa colaboração.

À Prof<sup>a</sup> Maria Aparecida e a técnica Ana Paula do Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP pelo auxílio nos testes sensoriais e na análise dos resultados.

À ITAP S.A. na pessoa do Eng. César Saber pelo fornecimento das embalagens para os queijos.

À Bela Vista LTDA na pessoa da Eng<sup>a</sup> Nancy Rarumi pelo fornecimento das culturas lácticas.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal (CAPES) pela bolsa deslocamento.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboram na execução desse trabalho.

A DEUS por tudo.

## ÍNDICE GERAL

Índice de Tabelas	iv
Índice de Figuras	v
Resumo	vii
Summary	ix
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1. Queijo tipo prato	03
2.2. Ultrafiltração de Leite	06
2.2.1. Características	06
2.2.2. Composição dos Retentados	11
2.3. Ultrafiltração no Processo de Fabricação de Queijos	14
2.3.1. Introdução	14
2.3.2. Formas de Aplicação da Ultrafiltração na Fabricação de Queijos	17
2.3.3. Efeitos da Ultrafiltração na Fabricação de Queijos	20
2.3.4. Viscosidade dos Retentados	21
2.3.5. Fermentação Láctica	22
2.3.6. Ajuste da Concentração de Cálcio/Proteína Total	27
2.3.7. Coagulação	31
2.3.8. Maturação	34
2.3.9. Fator de Concentração	39
2.3.10. Rendimento no Processo de Obtenção de Queijos a partir de Retentados de Ultrafiltração	40
3. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1. Material	43
3.1.1. Equipamentos	43
3.1.2. Outros	44
3.2. Métodos	45
3.2.1. Desenvolvimento do Trabalho	45
3.2.2. Processamento	46
3.2.2.1. Fator de Concentração	46
3.2.2.2. Fermentação dos Retentados	49
3.2.2.3. Experimento Final : Qualidade dos Queijos	52

3.2.2.4. Limpeza e Sanificação na Unidade de UF	52
3.2.3. Análises Físico-Químicas	53
3.2.3.1. Leite, Retentados, Permeados e Soros de Queijo	53
3.2.3.2. Queijos	53
3.2.4. Determinação dos Índices de Maturação	54
3.2.5. Determinação dos Coeficientes de Rejeição, do Rendimento, e do Fator de Concentração dos Componentes	55
3.2.6. Determinação do Rendimento e das Cifras de Transição nos Queijos	55
3.2.7. Análise Sensorial	55
3.2.7.1. Análise Descritiva Quantitativa	55
3.2.7.2. Teste de Aceitação	56
3.2.8. Análises Microbiológicas	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1. Fator de Concentração	58
4.1.1. Composição Química	59
4.1.2. Composição Química dos Queijos	67
4.1.3. Coeficientes de Transição e Rendimento dos Queijos	70
4.1.4. Variação de pH e Acidez durante a Maturação	75
4.1.5. Índices de Proteólise nos Queijos	77
4.2. Fermentação dos Retentados	81
4.2.1. Características dos Retentados Fermentados e dos Queijos	81
4.2.2. Variação de pH durante a Maturação dos Queijos	85
4.2.3. Índices de Maturação	86
4.3. Qualidade dos Queijos Tipo Prato Produzidos a Partir de Retentados de Ultrafiltração	91
4.3.1. Composição Química da Matéria Prima	91
4.3.2. Fermentação dos Retentados	93
4.3.3. Composição Química dos Queijos	96
4.3.4. Rendimento e Coeficientes de Transição	98
4.3.5. Índices de Maturação	102
4.3.6. Análise Sensorial	107
4.3.6.1. Análise Descritiva Quantitativa	107



4.3.6.1.1. Aroma dos Queijos	108
4.3.6.1.2. Sabor dos Queijos	112
4.3.6.1.3. Aparência e Textura	116
4.3.6.2. Teste de Aceitação dos Queijos Produzidos a Partir dos Retentados	121
5. CONCLUSÕES	123
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXO I	140
ANEXO II	144

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1.1. Composição química dos leites controles e dos retentados obtidos nos experimentos I e II após 1 dia de fabricação _____	60
Tabela 4.1.2. Composição química média dos queijos obtidos nos experimentos I e II _____	68
Tabela 4.1.3. Valores médios de pH obtidos nos queijos em função do tempo de maturação, nos experimentos I e II _____	75
Tabela 4.2.1. Composição química média do leite e retentado obtidos no experimento III _____	82
Tabela 4.2.2. Resultados obtidos na fermentação dos retentados _____	82
Tabela 4.2.3. Composição físico-química média dos queijos obtidos no experimento III _____	84
Tabela 4.2.4. Resultados obtidos nas determinações de pH realizadas nos queijos aos 1, 30 e 60 Dias de maturação _____	85
Tabela 4.3.1. Composição química média do leite, permeados e retentados _____	92
Tabela 4.3.2. Resultados obtidos na fermentação dos retentados _____	94
Tabela 4.3.3. Composição físico-química média dos queijos _____	97
Tabela 4.3.4. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de aroma nos queijos _____	111
Tabela 4.3.5. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de sabor nos queijos _____	115
Tabela 4.3.6. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de aparência e textura nos queijos _____	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.2.1. Processo de obtenção dos retentados nos experimentos i e ii. _____	47
Figura 3.2.2. Processo de conversão dos retentados em queijos. _____	48
Figura 3.2.3. Processo de obtenção dos retentados e conversão em queijo prato. _____	51
Figura 4.1.1. Coeficientes de rejeição dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no processamento I. _	62
Figura 4.1.2. Coeficientes de rejeição dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no processamento II _	63
Figura 4.1.3. Fatores de concentração dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no processamento I. _	65
Figura 4.1.4. Fatores de concentração dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no processamento II _	66
Figura 4.1.5. Rendimentos dos queijos em função do fator de concentração volumétrico, obtidos nos experimentos I e II _____	71
Figura 4.1.6. Cifras de Transição em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no experimentos i. _____	73
Figura 4.1.7. Cifras de Transição em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no experimentos ii. _____	74
Figura 4.1.8. Resultados obtidos na determinação dos índices de proteólise aos 30 e 60 dias de maturação nos queijos produzidos no experimento I. _____	77
Figura 4.1.9. Resultados obtidos na determinação dos índices de proteólise aos 30 e 60 dias de maturação nos queijos produzidos no experimento II. _____	78

Figura 4.2.1. Índices de extensão de maturação obtidos no 1° e 40° dias de maturação nos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT), Q3 ( <i>Lact. lactis</i> ) e Q4 ( <i>L. helveticus</i> )	87
Figura 4.2.2. Índices de profundidade de maturação obtidos no 1° e 40° dias de maturação nos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT), Q3 ( <i>Lact. lactis</i> ) e Q4 ( <i>L. helveticus</i> )	89
Figura 4.3.1. Rendimento dos queijos: Q1 (Controle) Q2 (PROBAT), Q3 ( <i>L. helv.</i> + PROBAT), com base em 43,72% de umidade	99
Figura 4.3.2. Coeficientes de Transição obtidos nos queijos: Q1 (Controle), Q2 (PROBAT), Q3 ( <i>L. helv.</i> + PROBAT)	101
Figura 4.3.3. Índices de maturação obtidos nos queijos: Q1 (Controle), Q2 (PROBAT), Q3 ( <i>L. helv.</i> + PROBAT)	103
Figura 4.3.4. Índices de profundidade de maturação obtidos nos queijos: Q1 (Controle), Q2 (PROBAT), Q3 ( <i>L. helv.</i> + PROBAT)	105
Figura 4.3.5. Representação gráfica da análise do componente principal do aroma dos queijos Q1 (Controle), Q2 (PROBAT) Q3 (PROBAT + <i>L. helv.</i> )	109
Figura 4.3.6. Representação gráfica da análise do componente principal do sabor dos queijos q1 (Controle), Q2 (PROBAT) Q3 (PROBAT + <i>L. helv.</i> )	113
Figura 4.3.7. Representação gráfica da análise do componente principal de aparência e textura dos queijos Q1 (Controle), Q2 (PROBAT) E Q3 (PROBAT + <i>L. helv.</i> )	117
Figura 4.3.8. Resultados obtidos no teste de aceitabilidade, realizado com as amostras de queijo produzidas a partir do retentado	122

## RESUMO

Foi estudada a produção de queijo tipo prato a partir de retentados de ultrafiltração.

Em uma primeira fase foram avaliadas as influências de diferentes fatores de concentração volumétricos (1,5:1; 2,5:1; 3,5:1 e 5,0:1) e da acidificação do leite, até pH de 6,4-6,2 antes da ultrafiltração, nos rendimentos, nos índices de maturação e na qualidade dos queijos obtidos. Os resultados obtidos indicaram um aumento de rendimento em relação ao processo tradicional. Os queijos mais semelhantes ao queijo Prato tradicional, em composição química, índices de maturação e características organolépticas, foram os produzidos a partir do retentado com fator de concentração volumétrico de 1,5:1. A redução de pH do leite para a faixa de 6,4-6,2, antes da ultrafiltração, não foi suficiente para obtenção de queijos, com textura característica de queijo tipo Prato, a partir de retentados com fator de concentração volumétrico em torno de 5:1.

Em uma segunda fase foi avaliado o processo de produção do queijo a partir de retentado com fator de concentração volumétrico de 5:1, onde uma parte (10%) foi previamente fermentada com cultura láctica e depois misturada com o restante. Para a fermentação dos retentados foram utilizadas três culturas lácticas diferentes: cultura de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, cultura mista de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetilactis* + *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, e cultura de *Lactobacillus helveticus*. Os melhores resultados foram obtidos com a cultura mista de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, cultura mista de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetilactis* + *Leuconostoc*

*mesenteroides* subsp. *cremoris* e com a cultura de *Lactobacillus helveticus*.

Em uma fase final foi utilizado o mesmo processo para produção de dois queijos a partir de retentado com fator de concentração volumétrico de 5:1. Em um dos queijos utilizou-se a cultura mista para fermentação do retentado e no outro utilizou-se a cultura mista mais *L. helveticus* na proporção de 1:1. Os queijos obtidos foram comparados com o queijo controle através de análises físico-químicas, índices de maturação, análise sensorial e rendimento.

Os resultados obtidos mostraram uma maturação mais acentuada nos queijos produzidos a partir do retentado que no queijo controle. Os queijos apresentaram aroma, sabor, aparência e textura característicos de um queijo prato, foram considerados melhores que o queijo controle e obtiveram boa aceitação.

A utilização de uma cultura mesófila contendo os microrganismos *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, viáveis e abundantes para fermentação de 10% do total de retentado com fator de concentração volumétrico de 5:1 e o processo de fabricação utilizado permitiram a obtenção de um queijo prato com características organolépticas adequadas.

## SUMMARY

Application of milk ultrafiltration (UF) to Prato cheese production was evaluated from concentrates of whole milk.

Whole milk was acidified to pH range of 6.2 to 6.4 and concentrated by ultrafiltration to four different levels of volumetric concentration factors (1.5:1; 2.5:1; 3.5:1 and 5.0:1). Results showed an increase in cheese yield. Cheeses from retentate 1.5:1 showed better chemical composition, maturation rates and organoleptic characteristics than another cheeses from others retentates. The use of a retentate 5:1 from milk ultrafiltered on pH range of 6.4 to 6.2 gave a cheese with a bad texture.

The production process of Prato cheese with a mixture of retentate 5.0:1 and 10% of the same fermented retentate with lactic cultures was evaluated. It was used three different lactic cultures for the fermentation of the retentate, a culture of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, a culture of *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* and the culture of *L. helveticus*. The mesophilic culture of + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc cremoris* subsp. *cremoris* and the culture of *L. helveticus* showed good results.

The same process for the production of Prato cheeses with the mesophilic culture for the retentate fermentation and with the mixture (1:1) of mesophilic culture with *L. helveticus* was evaluated. The data showed that UF Prato cheeses underwent more rapid ripening than conventional cheese. The UF cheeses showed better flavour, texture and aspects than control cheese, they were considered better than the control cheese, and also obtained good acceptability.

Results revealed that it is possible to produce a characteristic Prato cheese from the process used in this work.

# 1. INTRODUÇÃO

A produção de queijos no Brasil, segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ), foi de aproximadamente 290 mil toneladas em 1994. O aumento em relação à produção em 1993 foi de 60 mil toneladas.

A liderança na produção de queijos no Brasil é a do queijo prato, com 57.758 toneladas produzidas (FURTADO, 1991). No período de Janeiro a Fevereiro de 1995 foram importadas 5.144 toneladas de queijo, sendo que os principais queijos importados foram mussarela, edam e prato (ABIQ, 1995). Sob a denominação prato estão incluídas as variedades Lanche, Cobocó, Gouda e Estepe que possuem as mesmas raízes e são muito similares, diferindo apenas quanto ao formato e ao peso (FURTADO, (1991), SCHIFTAN & KOMATSU, (1980)).

A aplicação de ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijos vem sendo utilizada com sucesso na fabricação de alguns tipos de queijos, principalmente queijos moles como Minas Frescal, Cottage, Feta, etc., desde que MAUBOIS, MOCQUOT E VASSAL (1969) propuseram, pela primeira vez, a utilização do processo de ultrafiltração na fabricação de queijos.

As principais vantagens atribuídas à utilização da ultrafiltração para produção de queijos, em relação ao processo tradicional, têm sido o aumento de rendimento, a fabricação contínua e automatizada de queijos, a economia de mão de obra e de ingredientes, e a produção de soro com menor poder poluente.

No entanto, a produção de queijos semi-duros e duros, a partir de retentados obtidos por ultrafiltração de leite, tem apresentado muitos problemas, principalmente pelo fato dos queijos resultantes apresentarem deficiências de aroma, sabor



e textura. Várias pesquisas têm sido conduzidas em diversos países com o objetivo de melhorar a qualidade destes queijos.

Devido ao fato do queijo prato ser um dos queijos mais produzidos no Brasil, pretendeu-se neste trabalho avaliar alguns parâmetros para utilização da tecnologia de ultrafiltração de leite na fabricação desse queijo. Os parâmetros avaliados foram: fator de concentração dos retentados por ultrafiltração, utilização de misturas de retentados fermentados com retentados para produção do queijo, fermentação dos retentados com algumas culturas lácticas, avaliação das características organolépticas e aceitabilidade do queijo final.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. QUEIJO TIPO PRATO

A fabricação de queijos no Brasil é de história relativamente recente, firmando-se, do ponto de vista industrial, no início deste século e, sobretudo, a partir da década de 20, com o estabelecimento de imigrantes dinamarqueses e holandeses no Estado de Minas Gerais (FURTADO, 1991).

Os imigrantes dinamarqueses introduziram o queijo tipo prato e, portanto, suas origens remontam aos queijos Dambo dinamarquês e Gouda holandês. No Brasil sua tecnologia foi adaptada às condições locais, o que explica as diferenças de sabor e textura observadas no prato em relação aos queijos que lhe deram origem. Enquanto aqueles apresentam-se sempre com uma textura mais aberta, com olhaduras regulares e pequenas, o prato pode ser encontrado tanto com olhaduras regulares ou irregulares, como também totalmente fechado (FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994).

A liderança na produção de queijos no Brasil é a do queijo prato, com 57.758 toneladas produzidas. Sob a denominação prato estão incluídas as variedades Lanche, Cobocó, Gouda e Estepe, que possuem as mesmas raízes e são muito similares, diferindo apenas quanto ao formato e ao peso (FURTADO, 1991; SCHIFTAN & KOMATSU, 1980).

O queijo tipo prato é fabricado por coagulação enzimática, adicionado de uma pequena quantidade de corante visando dar o tom amarelo característico (OLIVEIRA, 1986). É de massa semi-cozida, o que lhe confere uma característica elástica e, apresenta-se moldado na forma de um tijolo ou paralelepípedo, constituindo a variedade lanche, ou na forma de um cilindro baixo, que é a variedade Cobocó (OLIVEIRA,

1986). O aumento de temperatura no tanque para a realização do pré-cozimento da massa pode ser efetuado pela retirada de uma parte do soro e adição de água a 75°C - 80°C diretamente sobre a massa, ou através do aumento da temperatura do meio de aquecimento do tanque de coagulação.

A crosta deverá ser lisa, fina, bem formada e, preferivelmente, revestida de parafina. A textura deverá apresentar olhaduras redondas ou ovulares, regularmente distribuídas, pouco numerosas e bem formadas. A consistência deverá ser macia e compacta (SCHIFTAN & KOMATSU, 1980).

O fermento láctico utilizado na fabricação do queijo tipo prato pode ser exclusivamente acidificante ou acidificante e aromatizante. Além do sabor característico, o queijo prato deve apresentar algumas olhaduras pequenas e regulares e, para a obtenção dessas características, deve se utilizar um fermento misto de bactérias lácticas acidificantes e bactérias lácticas aromatizantes. O fermento utilizado é constituído, normalmente, de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, organismos acidificantes e homofermentativos, acrescido das bactérias *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* e *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, que através da fermentação do citrato do leite, produzem compostos aromáticos como o diacetil e o acetaldeído, além de pequena quantidade de CO<sub>2</sub> responsáveis pelas olhaduras típicas deste queijo (OLIVEIRA, 1986).

Segundo HOSKEN & GAUDERETO (1973), a maioria dos queijos tipo prato elaborados no Brasil não apresentam as características ideais de sabor, aroma, textura e olhaduras e isso pode ser atribuído às deficiências dos fermentos lácticos utilizados.

Dentre os queijos nacionais, o queijo prato é o que possui uma melhor padronização tecnológica sendo, portanto, melhor caracterizado comercialmente (OLIVEIRA, 1986).

De acordo com a legislação (RIISPOA, 1962), o queijo prato deverá apresentar as seguintes características organolépticas e físico-químicas:

- **Aspecto:** pasta semi-dura, elástica, tendendo a macia e de untura amanteigada.

- **Cor:** amarelo-palha, tolerando-se a tonalidade ligeiramente rósea.

- **Cheiro:** próprio.

- **Sabor:** próprio, suave, não picante e quando tiver maturação mais prolongada, deverá ser mais pronunciado.

- **Umidade:** máximo 45%.

- **Lipídeos do leite:** mínimo 40% p/p na matéria seca.

A composição média esperada de um queijo prato curado é de 42-44% de umidade, 26-29% gordura, pH de 5,2-5,4 e um teor de sal de 1,6-1,9% (FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994). SCHIFTAN & KOMATSU (1980) realizaram análises físico-químicas em 50 amostras comerciais de queijo tipo prato e obtiveram valores médios de 40% de umidade, 47,5% de gordura no extrato seco, 1,7% de sal e 3,5% de cinzas. FURTADO E WOLFSCHOON POMBO (1979) apresentaram a composição média do queijo prato com sendo de: 53,0-59,2% de extrato seco, 40,8 a 47,0% de umidade, 25,3 a 30,5% de gordura e de 47,7 a 51,5% de gordura no extrato seco.

O teor de umidade do queijo prato é significativamente afetado pelo tamanho dos grãos após o corte da coalhada e pela intensidade de aquecimento da massa. Sob a influência do corte da coalhada, agitação, acidificação e aquecimento a maior parte da água é expulsa dos grãos, a pré-prensagem no tanque e a prensagem final vêm apenas complementar essa expulsão de água (FURTADO E WOLFSCHOON POMBO, 1983).

O rendimento médio obtido na fabricação de um queijo tipo prato é de 1 Kg de queijo para cada 9,5 litros de leite (FURTADO & WOLFSCHOON POMBO, 1979). Na determinação das

cifras de transição dos componentes do leite para o queijo, FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979) obtiveram os seguintes valores médios: gordura: 83,80%, proteína: 80,39%, lactose: 7,39%, cinzas: 36,81%, extrato seco total: 50,03, extrato seco desengordurado: 37,78%. Os autores verificaram ainda que o papel preponderante no rendimento final de uma fabricação de queijo cabe principalmente à caseína do leite, com sua capacidade de aprisionar os demais elementos no momento da coagulação. O aumento no teor de proteínas, sobretudo caseínas, implica no aumento da transição, durante a coagulação, de todos os demais componentes do leite. Variando-se o teor de proteínas do leite, o rendimento dos queijos é proporcional a essa variação (WOLFSCHOON & POMBO, 1979).

## **2.2. ULTRAFILTRAÇÃO DE LEITE**

### **2.2.1. CARACTERÍSTICAS**

Quando a indústria açucareira usou pela primeira vez a separação molecular por membrana para purificação de açúcar em 1965, a indústria de alimentos deparou-se com uma nova tecnologia. Embora existam várias técnicas de separação molecular por membrana, duas de particular interesse para a indústria de alimentos são ultrafiltração e osmose inversa (KOSIKOWSKI, 1986).

Em contraste a osmose inversa, que consiste em um processo de difusão, a ultrafiltração é essencialmente um processo de peneiramento de soluções líquidas no qual os constituintes são fracionados de acordo com o seu peso molecular (RENNER & EL-SALAM, 1991). A solução de alimentação é normalmente bombeada, em temperaturas relativamente baixas (4° a 60°C), sob baixas pressões (1,7 a 3,1 Bar, 24 a 45

psig), através de membranas com poros de diâmetros que permitem a passagem de moléculas com peso molecular nominal de 10.000 a 50.000 Daltons (valor "cut-off") (KOSIKOWSKI, 1986). O valor "cut-off" da membrana é indicado pelo peso molecular da menor molécula por ela retida (BEATON, 1979). A fração líquida retida pela membrana é denominada de "concentrado seletivo" ou **retentado** e a fração líquida que passa através da membrana de **permeado** (FIL-IDF (1981), LANG & LANG (1976), MAUBOIS & MOCQUOT (1971)).

O mecanismo de separação é complexo, sendo influenciado por vários fatores, tais como: método de fabricação da membrana, interações químicas entre o material da membrana e fluido de alimentação, composição da membrana e pressão, temperatura e velocidade do fluido de alimentação (MEMBRANE ..., 1990).

Inicialmente, acetato de celulose foi o material mais utilizado nas membranas de ultrafiltração. Devido às suas limitações de resistência a pH, temperatura e viscosidade, foi substituído por polímeros orgânicos e, mais recentemente, por membranas minerais (BEATON (1979), KOSIKOWSKI (1986), MAHAUT & MAUBOIS (1985)). As membranas minerais, à base de óxido de zircônio e suportadas por carbono grafite, apresentam um ótimo comportamento físico-químico e permitem a obtenção de produtos de alta viscosidade (GOUDEDRANCHE et alii (1980), MAHAUT & MOUBOIS (1985)).

As membranas, à base de polímeros orgânicos, estão disponíveis no mercado em quatro tipos de configurações, ou seja, tubular, em espiral, placas e membranas capilares (MEMBRANE .. (1990), MODLER (1982)). As membranas tubulares são capazes de fornecer altos volumes de circulação, as configurações de fibras capilares e a placas fornecem altas taxas de cisalhamento e, a configuração em espiral é caracterizada por promover maior turbulência (MODLER, 1982). As membranas minerais estão disponíveis na configuração tubular.

Os sistemas de ultrafiltração podem ser operados de três formas: passagem única, batelada e contínua. O sistema de passagem única é concebido para concentrar o produto até o nível desejado sem recirculação. No sistema em batelada uma unidade simples ou de múltiplo estágio é utilizada, e o retentado é circulado através da unidade até atingir o nível de concentração desejado. No sistema contínuo o produto é recirculado através de conjuntos de bombas e membranas para obter o nível de concentração desejado enquanto o produto final é liberado do sistema, o tanque de alimentação recebe continuamente material a ser concentrado (RICHTER, 1983).

Os mais importantes índices de performance de um processo de ultrafiltração são: fluxo de permeado e coeficiente de rejeição (CHIANG & CHERYAN, 1986).

A medida do fluxo de permeado, quando da operação de sistemas de ultrafiltração com água, é uma medida indicativa das condições da membrana, pois a cada processamento e subsequente operação de limpeza ela deveria retornar ao seu fluxo inicial (YAN et alii, 1979).

Várias pesquisas já foram realizadas para verificar o comportamento do fluxo de permeado em função de parâmetros operacionais: pressão, temperatura, concentração e fluxo da alimentação (COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1977), GAROUTTE et alii (1982)). Segundo esses autores, todas as variáveis anteriormente citadas influenciam no fluxo de permeado, porém as mais significativas são a formação da camada polarizada e a viscosidade do concentrado.

A camada polarizada é formada devido à deposição contínua de componentes retidos na superfície da membrana, principalmente proteínas e sais, à medida que a concentração aumenta, exercendo resistência à passagem de água e de solutos de baixo peso molecular. No processo de ultrafiltração devem ser utilizadas altas velocidades de alimentação para minimizar a formação dessa camada (FENTON-MAY et alii, 1972).

A rejeição é controlada principalmente pelo diâmetro dos poros da membrana e, em menor extensão, pelos parâmetros operacionais (CHIANG & CHERYAN, 1986). Dependendo das características de rejeição das membranas, irá ocorrer uma partição significativa de nutrientes entre o retentado e o permeado (RENNER & EL-SALAM, 1991). As influências do fator de concentração, da temperatura, da pressão e da velocidade nos coeficientes de rejeição, quando da concentração de leite integral por ultrafiltração, foram avaliadas por YAN et alii (1979). Esses autores observaram que somente o fator de concentração influenciava significativamente nos coeficientes de rejeição.

As características de rejeição de uma membrana são descritas por coeficientes de rejeição das várias espécies de solutos, os quais são definidos pela expressão (FIL-IDF, 1981):

$$R_i = (C_{ir} - C_{ip}) / C_{ir} = 1 - (C_{ip} / C_{ir})$$

onde:

$R_i$  = coeficiente de rejeição do componente i

$C_{ip}$  = concentração de i no permeado, onde a concentração é definida como massa do componente i por massa de solvente.

$C_{ir}$  = concentração de i no retentado, onde a concentração é definida como massa do componente i por massa do solvente.

BASTIAN et alii (1991) sugeriram outra equação para calcular a retenção de componentes, equação essa que permite ainda o cálculo da retenção instantânea em vários pontos do processo de ultrafiltração. A equação compara o movimento dos constituintes parcialmente retidos com o movimento da água através da membrana. Eles também sugeriram o cálculo da porcentagem de recuperação, a qual seria importante para fabricação de queijos.

$$\% \text{ Recuperação} = \frac{\text{Kg componente no retentado}}{\text{Kg componente no leite}}$$



Na ultrafiltração de leite a fração protéica e a gordura são retidas, enquanto a lactose, sais minerais, nitrogênio não protéico e outros componentes menores são eliminados junto com a água no permeado (BEATON (1979), LANG & LANG (1976), KOSIKOWSKI (1986), MAUBOIS & MOCQUOT (1971)).

Minerais tais como cálcio, magnésio, fósforo estão presentes em duas formas: parcialmente ligados à proteína do leite e parcialmente em solução. Durante a ultrafiltração a forma ligada é retida pela membrana e concentrada, enquanto a outra passa através da membrana, de modo que uma concentração constante é mantida na fase aquosa do retentado (RENNER & EL-SALAM, 1991).

A completa retenção de gordura e de praticamente toda proteína nos concentrados obtidos a partir da ultrafiltração de leite foi demonstrada por vários autores. A completa retenção da gordura é esperada devido ao tamanho dos glóbulos de gordura (GAROUTTE et alii (1982), GLOVER (1971), YAN et alii (1979)). Segundo GLOVER (1971) a retenção de todos os componentes é maior na ultrafiltração de leite integral que na de leite desnatado.

BUNDGAARD et alii (1972) obtiveram 0,0% de retenção de lactose na ultrafiltração de leite desnatado, e YAN et alii (1979) obtiveram 0,0% de retenção na ultrafiltração de leite integral. Na concentração de leite desnatado, THOMPSON & de MAN (1975) obtiveram 1,0% de retenção de lactose em um retentado 2:1 e verificaram que a retenção de lactose aumentou quando o leite desnatado foi concentrado em um fator maior que dois e concluíram que a camada polarizada atua, em tais casos, como uma segunda membrana reduzindo assim a passagem das moléculas de lactose.

## 2.2.2. COMPOSIÇÃO DOS RETENTADOS

A variação da composição média dos retentados e permeados quando da concentração de leite integral em cinco níveis de concentração (1X, 2X, 3X, 4X, 5X), foi avaliada por GAROUTTE et alii (1982). Os valores obtidos para composição média dos retentados no nível 1X (controle) foram: 12,56% de sólidos totais, 3,22% de proteína, 3,75% de gordura, no nível de 2X foram: 18,99% de sólidos totais, 5,71% de proteína, 7,50% de gordura; no nível 3X foram: 25,01% de sólidos totais, 8,46% de proteína e 10,91% de gordura; no nível 4X foram: 31,10% de sólidos totais, 10,91% de proteínas e 14,62% de gordura; e no nível 5X foram: 37,18% de sólidos totais, 13,33% de proteína e 17,80% de gordura. O permeado apresentou uma composição média de: 5,51% de sólidos totais, 0,13% de proteína, 0,0% de gordura no nível 1X e 5,78% de sólidos totais, 0,25% de proteína e 0,0% de gordura no nível 2X.

Os valores de coeficientes de rejeição obtidos por YAN et alii (1979) durante a ultrafiltração de leite integral em função dos seguintes fatores de concentração: 1:1; 1:1,29; 1:1,5; 1:2,20; foram, respectivamente: 55,4; 58,9; 63,3 e 72,0% para sólidos totais, 90,0; 91,6; 91,4 e 94,1% para proteína, 23,2; 41,8; 46,0 e 50,5% para cinzas, 100% para gordura e 0% para lactose em todos os níveis testados.

Para reduzir o teor de lactose nos retentados uma das soluções utilizadas é a diafiltração (COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1977), GOUDEDRANCHE (1981), LONERGAN (1983)). A diafiltração consiste de uma fase no processo de ultrafiltração onde o retentado é diluído através de adição de água e depois é novamente concentrado por ultrafiltração (FIL-IDF, 1981). Se após a concentração por ultrafiltração adiciona-se água ao retentado e continua-se o processo, mais lactose e sais minerais serão eliminados no permeado (GLOVER et alii, 1978). COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1977) obtiveram uma

redução no teor de lactose do retentado proporcional à quantidade de água adicionada na ultrafiltração. LONERGAN (1983) obteve uma remoção de 99,0% da lactose quando da utilização de ultrafiltração em um retentado 6:1. Verificou também que as micelas de caseína não se modificam e que o equilíbrio caseína:proteínas do soro não alterou a hidratação da micela de caseína quando do emprego de diafiltração.

O teor de cinzas do leite aumenta com o aumento do fator de concentração (BRULE et alii (1974), BUNDGAARD et alii (1972), COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1979)). Esse aumento é verificado, principalmente, nos teores de cálcio e fósforo, e é atribuído ao fato de ambos estarem, em parte, complexados à caseína e serem também concentrados (COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1977). O cálcio coloidal é totalmente retido, enquanto o cálcio solúvel é permeado (BRULE et alii (1974), CASIRAGHI et alii (1987)).

As únicas vitaminas solúveis retidas no retentado são ácido fólico e a cianocobalamina (B<sub>12</sub>), pois estão parcial ou totalmente ligadas às proteínas (GLOVER, 1971). A vitamina C é totalmente perdida e as vitaminas lipossolúveis são totalmente retidas (GLOVER, 1971).

As alterações na retenção de constituintes durante o processo de ultrafiltração dependem do nível de concentração, diafiltração e acidificação, uma vez que tanto a diafiltração quanto a acidificação influenciam a retenção e a porcentagem de recuperação de muitos constituintes do leite (BASTIAN et alii, 1991).

As bactérias presentes no leite são retidas durante o processo de ultrafiltração (MAUBOIS & MOCQUOT, 1971). Como o grupo predominante de microrganismos no leite é o de mesófilos, cuja temperatura de crescimento varia de 15 a 45°C, essa faixa de temperatura não deve ser utilizada (BEATON, 1979). Para evitar o crescimento microbiano e ao mesmo tempo o aumento de viscosidade que decorre do uso de baixas temperaturas, utilizam-se temperaturas de 50 a 60°C durante o processo de ultrafiltração (BEATON (1979), COTON

(1974), MAUBOIS & MOCQUOT (1974)). Entretanto, pode ocorrer o desenvolvimento de bactérias termofílicas nessas temperaturas, o que pode ser evitado através de um pequeno tempo de residência no sistema de ultrafiltração (COTON (1974), MAUBOIS & MOCQUOT (1974)). Geralmente para assegurar uma ótima qualidade bacteriológica da alimentação e dos retentados, efetua-se a pasteurização do leite antes do processo de ultrafiltração (THOMPSON & de MAN, 1975). FISCHBACH & POTTER (1986) verificaram que a pasteurização do leite, antes do processo de ultrafiltração, não afeta os coeficientes de retenção dos componentes do leite.

PIERRE et alii (1977) estudaram o efeito do tratamento térmico na desnaturação das proteínas do soro, em retentados de ultrafiltração e em leites controles, e verificaram que a desnaturação das proteínas do soro ocorre em temperaturas mais baixas nos retentados que nos leites controles, sendo que esse efeito é maior nos retentados de maior concentração protéica.

BASTIAN et alii (1991) avaliaram a retenção e a porcentagem de recuperação dos constituintes de retentados e permeados obtidos durante ultrafiltração e diafiltração de leite integral, acidificado ou não. Os resultados obtidos mostraram que a ultrafiltração do leite não acidificado aumentou a retenção de sódio, cálcio, fósforo e riboflavina. Isso significa que as taxas de retenção desses constituintes no permeado e no retentado não permaneceram constantes durante o processo de ultrafiltração.

As influências do pH e da temperatura de ultrafiltração e diafiltração, na composição e no poder tamponante de retentados com fator de concentração de 5:1 e dos respectivos permeados, foi estudada por ST-GELAIS et alii (1992). Os resultados obtidos mostraram que a composição mineral e a capacidade tamponante dos retentados poderia ser modificada através do ajuste de pH e temperatura de processo, com ou sem diafiltração. Os retentados diferiram em composição para cada um de seus componentes, de acordo com o tratamento dado.

As concentrações de proteína aumentaram e de minerais diminuíram com diafiltração, baixo pH e baixa temperatura. O poder tamponante dos retentados mostrou estar relacionado apenas com as concentrações de cálcio e fósforo nos mesmos.

## **2.3. ULTRAFILTRAÇÃO NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS**

### **2.3.1. INTRODUÇÃO**

A aplicação do processo de ultrafiltração de leite para fabricação de queijos surgiu em 1969 na França, através de um processo denominado de M.M.V. em homenagem aos inventores Maubois, Mocquot e Vassal. Essa invenção provocou uma revolução na tecnologia de laticínios, numerosos trabalhos foram realizados e, atualmente, várias indústrias, inclusive no Brasil, utilizam essa tecnologia para produção de queijos.

Tradicionalmente, o queijo é obtido através da coagulação do leite por renina. O líquido intersticial (soro) é expelido progressivamente por sinérese, de modo que os componentes principais do coágulo (gordura e proteína), gradativamente tornam-se mais concentrados e adquirem a forma, a consistência e a composição do queijo em particular. Na prática, os fabricantes de queijos não conseguem controlar todos os parâmetros de processo, de modo a se obter queijos sempre com o mesmo peso e homogêneos em composição.

Foi em função desses fatores, visando a obtenção de queijos uniformes e um aumento de rendimento, que em 1969 surgiu na França, Patente Francesa nº 2.052.121, a primeira aplicação de ultrafiltração de leite para fabricação de queijos, denominada de processo M.M.V..

O processo M.M.V. consiste, inicialmente, em selecionar-se um queijo de composição conhecida a ser produzido. A seguir o leite ou mistura de leite é ultrafiltrado até os teores de proteína e gordura corresponderem aos do queijo selecionado. Como a ultrafiltração permite a remoção de lactose no soro, sua ação é semelhante ao tratamento da massa no processo tradicional. Mas, como as proteínas do soro são retidas junto com a caseína no retentado, elas aumentam o rendimento do queijo, bem como o seu valor nutricional. O retentado resultante, com fatores de concentração de 5:1 a 10:1, foi denominado de pré-queijo pelos inventores, porque possui aproximadamente a mesma composição do queijo selecionado. Em seguida são adicionadas determinadas quantidades de cultura láctica, renina e sal e a mistura é colocada em formas. Em poucos minutos um queijo fresco é obtido (KOSIKOWSKI (1986), MAUBOIS & MOCQUOT (1974)).

As principais vantagens atribuídas pelos autores do processo M.M.V. foram (MAUBOIS & MOCQUOT, 1974):

- Aumento de rendimento de cerca de 16 a 20%, devido à completa retenção das proteínas do soro no queijo.

- Possibilidade de ajuste da composição do pré-queijo, de modo a se obter queijos sempre com o mesmo teor de gordura e de sólidos totais.

- Economia da quantidade de renina necessária para coagulação, aproximadamente 80%, devido à total retenção da mesma no queijo.

- Economia de mão de obra, de equipamentos e de área útil, devido ao pequeno volume das plantas de ultrafiltração e da eliminação da fase de tratamento da massa.

- O processo pode ser contínuo e automatizado.

- O permeado (novo soro) não contém proteínas e, portanto, seu poder poluente é reduzido em cerca de 20% e além disso, pode ser utilizado para a produção de outros produtos.

O período de 1969 a 1979 foi marcado por uma extensiva exploração quanto à aplicação do processo M.M.V. em diferentes tipos de queijos, e o período de 1980 a 1985 foi marcado pela expansão industrial dos queijos produzidos por ultrafiltração (KOSIKOWSKI, 1986).

Em 1987, a área total de membranas utilizadas para fabricação de queijos era estimada em cerca de 17.000m<sup>2</sup>, e a produção de queijo por ultrafiltração foi estimada em cerca de 3% da produção mundial (RENNER & EL-SALAM, 1991).

O principal queijo produzido industrialmente por ultrafiltração é o queijo mole Feta. De 120.000 toneladas de leite utilizados em ultrafiltração, cerca de 92.000 são utilizados para produção desse queijo (LERCKER & LERICI, 1987).

A fabricação, com sucesso, de queijos tipo Camembert, Saint-Paulin, Quarg, Queso Blanco e queijos moles coagulados por renina, a partir do processo M.M.V, é descrito na literatura (DELBEKE (1987), DUCRET et alii (1981), JEPSEN (1977), MAHAUT & MAUBOIS (1985), SAEDERUP NIELSEN (1987)).

Entretanto, o emprego da ultrafiltração pela indústria para a produção de queijos duros tem sido muito limitada. As prováveis razões são os altos custos do equipamento de ultrafiltração, publicações científicas mostrando menores taxas de maturação nos queijos UF e dificuldades de manuseio dos retentados de alto teor protéico (GUINÉE et alii, 1994).

### 2.3.2. FORMAS DE APLICAÇÃO DA ULTRAFILTRAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE QUEIJOS

Além do processo M.M.V., os outros métodos utilizados pela indústria para conversão de retentados em queijos são:

- Padronização do teor protéico do leite a 3,6-4,0% por ultrafiltração e fabricação do queijo pelo método tradicional. Esse processo resulta em queijo mais homogêneo e reduz a perda de finos de caseína no soro (SAEDERUP NIELSEN, 1987).

- Pré-concentração antes da fabricação pelo método tradicional a um fator de 2:1. Pode ser usado em uma grande variedade de queijos e isso implica em dobrar a capacidade do equipamento e reduzir à metade o consumo de renina e de cultura láctica (KOSIKOWSKI (1986), SAEDERUP NIELSEN (1987)). Esse processo é também denominado de retentado de baixa concentração (low concentration retentate (LCR)) (KOSIKOWSKI, 1986). Entretanto, uma investigação completa das propriedades de queijo tipo Cheddar produzidos por esse processo ainda não foi realizada (SUJATA LAKHANI et alii, 1991). Queijos produzidos por este processo oferecem pouco aumento de rendimento, pois é necessário drenar o soro e as proteínas do soro não são recuperadas (SUJATA LAKHANI et alii, 1991).

- Concentração parcial a um teor de sólidos entre 20 e 40%. Esse método é mais usado para produção de queijos de estrutura aberta e requer equipamentos como dosador e misturador para retentado, cultura e coalho, equipamentos de coagulação e tratamento da massa (SAEDERUP NIELSEN, 1987).

Durante experimentos para fabricação de queijos semi-duros, têm sido preferível usar uma técnica pela qual a ultrafiltração seja seguida pelo processo de fabricação do queijo, com corte da massa e um subsequente tratamento mecânico do coágulo (BIRKKJAER & FORSINGDAL, 1982).



Esses processos são utilizados em queijos para os quais ainda não se conseguiu, pelo processo M.M.V., obter características organolépticas semelhantes aos queijos produzidos pelo processo tradicional.

A aplicação do processo de ultrafiltração de leite para fabricação de queijos está em expansão a nível industrial. Vários tipos de queijos são produzidos em instalações de processo contínuo na Europa, nos Estados Unidos e na América do Sul (KOSIKOWSKI (1986), MORRIS (1984), SWEETSUR (1980)). Segundo KOSIKOWSKI (1986), aproximadamente 20% dos queijos produzidos na França e na Dinamarca são produzidos a partir de retentados.

Muitas informações quanto à aplicação industrial de ultrafiltração em queijos permanece confidencial e é, portanto, difícil avaliar a efetividade geral do processo (GARRIDO & GARCIA, 1992).

A conversão do retentado em alguns tipos de queijos apresenta alguns problemas, principalmente queijos de textura mais rígida e maturados (GARRIDO & GARCIA, 1992). A produção de variedades de queijos duros por aplicação direta do conceito M.M.V. provou ser muito difícil (JAMESON, 1987). Um menor teor de umidade nesses queijos deve ser obtido por uma sinérese mais acentuada do que a delineada pelos pesquisadores franceses, através de uma concentração de leite por ultrafiltração, ou por uma combinação de ultrafiltração e evaporação (JAMESON, 1987).

O desenho de sistemas de ultrafiltração têm progredido significativamente nos últimos 15 anos. Os progressos realizados nos equipamentos de ultrafiltração, como membranas minerais e novas concepções de equipamentos de finalização, têm permitido novas aplicações para o processo M.M.V. (GARRIDO & GARCIA, 1992).

JAMESON (1987) descreve a aplicação de um equipamento desenvolvido para tratamento da massa, obtida pela coagulação

de retentado de ultrafiltração 5:1, para fabricação de queijo tipo Cheddar, com danos mínimos nos cubos de massa.

A padronização do teor protéico do leite através de processos por membrana é vantajoso, uma vez que na fabricação de queijos, as flutuações sazonais no teor protéico do leite poderiam ser eliminadas e o teor de lactose poderia ser ajustado (PUHAN, 1991).

A produção de retentados com alto teor protéico e sua posterior mistura com leite de modo a produzir retentados de baixa concentração (L.C.R.), para fabricação de queijo tipo Cheddar foi mostrada por KOSIKOWSKI et alii (1985), sendo que os melhores resultados foram obtidos com retentados diluídos com leite aos fatores de concentração de 1,5:1 e 1,8:1. KEALEY & KOSIKOWSKI (1985) estudaram a suplementação do leite com retentados, de forma a obter misturas de 1,2:1 e 1,3:1, na fabricação de queijo tipo Cheddar e obtiveram um aumento de rendimento e uma menor perda de componentes por quilograma de queijo em relação ao leite não suplementado.

A utilização de concentração do leite por ultrafiltração em fazendas leiteiras e transporte do retentado para produção do queijo nas indústrias vem sendo utilizada na França (BERNARD et alii (1981), KOSIKOWSKI (1986)).

VAN DENDER et alii (1987) realizaram estudos preliminares com o objetivo de verificar a viabilidade tecnológica da produção de queijo tipo prato pelo processo M.M.V. Os autores testaram o nível de diafiltração em retentados com fator de concentração de 7:1, obtido com equipamento dotado de membrana mineral, e os resultados obtidos demonstraram a possibilidade de se produzir queijos de massa semi-dura com características físico-químicas semelhantes às do queijo tipo prato.

### 2.3.3. EFEITOS DA ULTRAFILTRAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE QUEIJOS

LELIEVRE et alii (1986) avaliaram o efeito da ultrafiltração na produção de queijo tipo "Cheddar". Os queijos foram produzidos a partir de leite controle e de um leite equivalente, obtido a partir da recombinação de um retentado 5:1 com o permeado, com características idênticas ao queijo Cheddar tradicional. No entanto, os autores sugeriram que certas alterações físico-químicas produzidas pela ultrafiltração nos componentes do leite são importantes quando se produz queijo Cheddar diretamente a partir do retentado.

Alguns autores sugerem que os problemas decorrentes da ultrafiltração sejam devido às alterações nas micelas de caseína, mas LONERGAN (1983) demonstrou que nem a ultrafiltração nem a diafiltração afetam as micelas de caseína, sua distribuição e os teores de cálcio e fósforo das mesmas. Segundo BRULE & FAUQUANT (1981), tratamentos tecnológicos, como a ultrafiltração, que não alteram as características físico-químicas da fase aquosa do leite, devem manter a integridade estrutural das micelas de caseína inalteradas. Estudos com microscopia eletrônica indicam que os coágulos de retentados de ultrafiltração possuem uma rede protéica mais grosseira ("coarser") e diferente da estrutura de um coágulo obtido pelo método tradicional (GREEN, 1981).

A ultrafiltração de leite desnatado provocou mudanças significativas na distribuição por tamanho e diâmetro médio das micelas de caseína. O diâmetro médio das micelas diminuiu de 118nm em fator de concentração 1:1 a 92nm em fator 3:1 e para 87nm em 5:1 (STRILAORKUL et alii, 1991).

A utilização de pré-queijo para a produção de queijos duros requer uma dessora do concentrado para promover sua textura (GREEN, 1985). GREEN(1981) obteve grandes perdas de gordura no soro e, em um trabalho posterior (GREEN, 1984),

demonstrou que ocorre uma redução no tamanho do glóbulo de gordura e um aumento de sua associação com as micelas de caseína nos estágios iniciais da concentração. A homogeneização prévia parece promover a estrutura e a textura de queijos tipo Cheddar (GREEN,1984). IYER & LELIEVRE (1987) verificaram que as plantas de ultrafiltração, operando em batelada, provocam mudanças na gordura similares à homogeneização, resultando no aumento da perda de gordura no soro. Seus resultados também sugeriram que a retenção de gordura no queijo de retentado aumenta com a redução da intensidade de manuseio do coágulo.

A utilização de tratamentos térmicos de retentados para a produção de queijos Cheddar com ultrafiltração têm sido estudada por GREEN (1990 a,b) e por RAO & RENNER (1988a, 1988b, 1989), com o objetivo de melhorar o sabor e a textura dos mesmos.

A retenção das proteínas do soro interfere no desenvolvimento das características organolépticas e de textura típicas do queijo. Quanto maior o teor de proteína do soro presente, maiores são as diferenças nas propriedades funcionais dos queijos (LAWRENCE, 1989).

#### **2.3.4. VISCOSIDADE DOS RETENTADOS**

Os retentados obtidos por ultrafiltração de leite são líquidos não Newtonianos e exibem um aumento de viscosidade com o aumento do teor de proteínas (CULIOLI et alii, 1974)). O aumento do teor protéico favorece as interações de fosfocaseinato de cálcio entre as micelas, resultando em aumento de viscosidade (CULIOLI et alii, 1974). Um aumento do teor de nitrogênio total de 9,0 para 19,6% induz a um aumento de viscosidade de 10,00 para 454,00 centipoises (CULIOLI et alii, 1974).

Como os retentados utilizados para produção de queijos possuem um fator de concentração mínimo de 5:1 (processo M.M.V.), eles são extremamente viscosos. E, em função dessa característica, é difícil distribuir uniformemente o coalho e a cultura láctica, resultando em defeitos de coagulação e fermentação láctica, de modo que o pH do retentado pode variar e provocar problemas de textura (KOSIKOWSKI, 1986).

Os retentados, devido à alta viscosidade, resfriam mais lentamente, podendo resultar no desenvolvimento de bactérias contaminantes (LELIEVRE & LAWRENCE, 1988).

Outra dificuldade associada com a alta viscosidade é que as bolhas de ar, incorporadas durante o processo de ultrafiltração, são de difícil remoção e são incorporadas ao produto, resultando em textura esponjosa e em pontos róseos no produto final (DELBEKE (1987), de BOER & NOOY (1980)). Os mesmos autores sugerem a realização de desaeração do retentado antes da adição de renina e de cultura láctica, ou a ultrafiltração a vácuo para evitar esses defeitos nos queijos.

### **2.3.5. FERMENTAÇÃO LÁCTICA**

A elevação do teor de proteínas e de sais minerais nos retentados provoca, de modo muito sensível, o aumento do poder tamponante dos mesmos (BRULE et alii (1974), CASIRAGHI (1987)), influenciando o desenvolvimento de fermentos lácticos e a acidez dos retentados, de modo que o tempo necessário para o fermento reduzir o pH é maior que no leite. MISTRY & KOSIKOWSKI (1985) observaram que os retentados resistem a alterações de pH abaixo de 5,2, apesar do grande número de bactérias lácticas geradas pelo fermento. Os autores verificaram que, enquanto no leite controle o pH atingiu valor 4,6 após 6 horas de incubação, os retentados,

em condições semelhantes, não atingiram esse pH mesmo após 8,5 horas.

A quantidade de ácido láctico necessária para atingir um pH definido em um retentado é maior que nos coágulos tradicionais (BRULE et alii, 1975). O ácido láctico se dissocia totalmente do íon lactato e os efeitos dos prótons  $H^+$  são captados pelos ácidos orgânicos e minerais, que possuem valores de pK superiores ao do ácido láctico. O deslocamento desses ácidos versus a forma não dissociada se traduz por uma solubilização parcial dos elementos minerais. Esses ácidos orgânicos responsáveis pelo efeito tamponante, são aqueles constituintes de proteínas e associados a essa, os quais são solúveis na fase aquosa (BRULE et alii, 1974).

Em um mesmo pH, os produtos obtidos por ultrafiltração contém mais ácido láctico que os tradicionais. Em função do efeito tampão, decorrente do maior teor de minerais nos retentados, a quantidade de ácido láctico a ser desenvolvida para atingir um pH definido nos queijos é muito maior que nos tradicionais (BRULE et alii, 1975).

É possível reduzir o poder tamponante dos retentados através da utilização de tratamentos como pré-acidificação, fermentação láctica na unidade de ultrafiltração, ultrafiltração de leite coagulado, diafiltração e remoção de cálcio através de cloreto de sódio (KOSIKOWSKI (1986), MAHAUT et alii (1982)). As técnicas de acidificação essencialmente convertem o cálcio coloidal à forma solúvel, permitindo sua remoção na fração permeado durante a ultrafiltração (CASIRAGHI et alii, 1987).

DELBEKE (1987) verificou que queijos Saint-Paulin produzidos por ultrafiltração apresentavam vários defeitos de sabor e textura. A redução do teor de lactose a valores menores ou iguais a 1,9% acelerou o desenvolvimento de sabor. Uma longa pré-maturação por 16 horas a 20°C, na presença de 0,5% de NaCl, até pH 5,2-5,0 seguida pela adição de renina, promoveu a textura. Adição de NaCl ao leite uma hora antes

da ultrafiltração e diafiltração combinada com a longa pré-maturação resultaram em um queijo semelhante ao tradicional.

A natureza da cultura e a quantidade usada podem influenciar claramente o amaciamento de consistência, a perda de umidade e a intensidade de sabor dos queijos. Segundo DELBEKE (1987) não é a alta concentração de certos constituintes o que inibe o crescimento bacteriano, mas sim a superpopulação bacteriana.

GREEN et alii (1981) observaram que a quantidade de ácido produzida por bactérias lácticas em função do fator de concentração não se altera, mas que o poder tamponante aumentava com o aumento do fator de concentração. No entanto HICKEY, ROGINSKI & BROOME (1983), verificaram que a concentração do leite por ultrafiltração resultou em maior crescimento e maior produção de ácido pelos organismos *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, sendo que o aumento da taxa de crescimento e de produção de ácido foi proporcional ao aumento do fator de concentração dos retentados.

O crescimento e atividade de culturas lácticas em retentados de ultrafiltração são afetados pelo seu teor de sólidos (HICKEY et alii (1983), MISTRY & KOSIKOWSKI (1985), EL-SHIBINY et alii (1986)). Alguns autores observaram que a população de bactérias lácticas nos retentados de leite desnatado aumentou com a concentração e foi mais alta que em leite integral (HICKEY et alii (1983), MISTRY & KOSIKOWSKI (1985, b)). Entretanto esses resultados têm sido contestados por certos autores (GREEN et alii (1981), PATEL et alii (1986)).

A máxima população bacteriana foi obtida em retentado com pH de, aproximadamente, 5,2 e não estava relacionada com o aumento no teor protéico. Uma observação interessante foi que a produção de ácido estava dissociada do crescimento de microrganismos no retentado (HICKEY et alii, 1983).

Os fatores que determinam a taxa de crescimento de culturas lácticas em retentados de ultrafiltração são ainda desconhecidos. HICKEY et alii (1983) sugerem que o processo de ultrafiltração influencia o crescimento e a produção de ácido pelo grupo *N Streptococcus*, devido à alteração nos componentes do leite ou liberação de fatores estimulantes. Além disso, a quantidade de ácido láctico não dissociado aumenta com o aumento na concentração do retentado, como resultado da redução na quantidade de fase aquosa (HOIER, 1983). O aumento no teor de proteínas parece favorecer o crescimento bacteriano nos retentados, isso pode ser parcialmente atribuído à ação protetora, exercida pela alta capacidade tamponante das proteínas, nos organismos da célula (RENNER & EL-SALAM, 1991). Esses resultados controversos podem ser explicados por observações de que o número de bactérias aumentou em retentados contendo cerca de 12,5% de proteína, mas diminuiu com posterior aumento no teor protéico (HOIER, 1983 conforme citado por RENNER & EL-SALAM, 1991). Com base nessas conclusões MISTRY & KOSIKOWSKI (1986,a) produziram uma nova linhagem de culturas de retentados, as quais exerceriam uma atividade muito mais elevada que o fermento tradicional na fermentação de retentados. Em um trabalho posterior MISTRY & KOSIKOWSKI (1986,b) utilizaram um fermento láctico cultivado em retentado 4:1 para a fabricação de queijos tipo Cheddar e obtiveram ótimos resultados.

Apesar da produção de ácido láctico, é difícil reduzir o pH em retentados de ultrafiltração com alto teor protéico (maior que 12,5%) e fermentado com bactérias mesófilas, mas através do emprego de culturas de iogurte ou *L. helveticus* o pH pode ser reduzido a valores menores que 5,0 (RENNER & EL-SALAM, 1991).

HICKEY, HILLIER & JAGO (1983) avaliaram várias espécies de *Lactobacillus*, com o objetivo de encontrar um organismo com maior atividade peptidase e proteinase que as bactérias do gênero *Streptococcus*, para contornar a lenta liberação de aminoácidos em queijos tipo Cheddar produzidos a partir de retentados de ultrafiltração. *L. helveticus* foi a espécie que



apresentou maior atividade proteolítica, hidrolisando  $\alpha$  e  $\beta$  caseína, sem preferência. A adição de renina parece complementar a atividade proteinase e/ou peptidase de certos *Lactobacillus*. É possível que inibidores de proteinase e/ou peptidase possam estar presentes no queijo produzido, a partir de retentado de ultrafiltração, uma vez que nessa investigação, verificou-se que 1,0% de plasma bovino adicionado a caseinato de sódio reduziu em cerca de 30% a liberação de aminoácidos pelas bactérias lácticas.

A produção de queijo semi-duro tipo Havarti, de qualidade satisfatória, a partir de retentados com fator de concentração de 5:1 é apresentada por QVIST et alii (1987). A utilização de nitrogênio aumentou de 76% no queijo tradicional para 84% no queijo produzido a partir de retentado, de forma similar o aproveitamento de gordura aumentou de 92% para 98-99%, e o consumo de coalho foi reduzido. O sabor e o aroma do queijo, produzido a partir do retentado, foram mais fracos que no queijo controle, essas características foram associadas com uma quebra mais lenta da proteína. Os níveis de coalho e de cultura não foram menores nos retentados, então, essa não foi a razão para uma maturação mais lenta. A taxa de fermentação do citrato e a composição bacteriana do queijo foram controladas através da variação na composição da cultura. Melhores resultados foram obtidos com culturas aromáticas contendo: *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*. A acidificação do leite antes da ultrafiltração não promoveu a qualidade organoléptica do queijo.

Na fabricação de queijo tipo Gouda com retentados de UF 5:1, SPANGLER et alii (1991), obtiveram queijos com menor umidade e menor pH quando utilizaram 3,0% de cultura láctica do que quando utilizaram 1,0%. Nos queijos com 3,0% de cultura, provavelmente, ocorreu maior sinérese e, conseqüentemente, esses apresentaram menor teor de umidade e

maior dureza. Os autores recomendaram um maior nível de cultura para a produção de queijos tipo Gouda a partir de retentados de forma a obter esses queijos mais similares ao tradicional.

MISTRY & KOSIKOWSKI (1986), obtiveram queijos tipo Cheddar com qualidade adequada, quando utilizaram fermento láctico cultivado em retentado com fator de concentração de 4:1. O leite controle e o retentado (fator de concentração de 1,7:1) foram inoculados com esse fermento. Os autores verificaram que os níveis mais adequados de adição desse fermento foram de 1% no leite controle e de 2% no retentado, e que níveis mais altos resultaram em queijos com sabor amargo.

JAMESON (1987) descreveu o processo de fabricação contínuo de queijo Cheddar a partir de retentado 5:1 e atribuiu o sucesso ao fato de garantir um número adequado de bactérias lácticas no retentado, e desse modo, assegurar a presença de populações normais no queijo final. O número adequado de bactérias foi obtido através da fermentação do retentado, inoculado com fermento láctico (10% do volume total), durante uma noite. A mistura (10:90) foi submetida à coagulação contínua e às etapas tradicionais de fabricação de Cheddar.

#### **2.3.6. AJUSTE DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO/PROTEÍNA TOTAL**

O estado do cálcio no leite é afetado por alterações na composição, tais como: pH, concentração de citrato, aquecimento e resfriamento.

O cálcio e o fosfato do leite afetam quase todos os aspectos da fabricação de queijos. Ambos, fosfato de cálcio coloidal e  $\text{Ca}^{2+}$ , influenciam a coagulação do leite por coalho, a força do gel e a estrutura do queijo final (LUCEY & FOX, 1993).

No processo tradicional quando a massa é acidificada ocorre uma solubilização dos sais minerais complexados à caseína, e esses são eliminados no soro. Na ultrafiltração, se a concentração é realizada no pH normal do leite, os sais minerais complexados à caseína são concentrados na mesma proporção que as proteínas. Esses minerais são igualmente solubilizados através da acidificação dos retentados, mas não são eliminados porque nesse processo não se efetua a dessora (MAHAUT et alii, 1982).

O cálcio coloidal é importante para a coagulação e, a redução nos seus teores de cálcio coloidal resulta em coágulos fracos. Entretanto, cálcio iônico também é necessário para a agregação das micelas e a coagulação falha se a concentração de cálcio iônico for menor que 80 mg/L (CASIRAGHI et alii, 1987).

O equilíbrio que governa a distribuição de sais minerais entre as fases solúvel e coloidal no leite e em seus retentados obtidos por ultrafiltração é dependente das características físico-químicas da fase aquosa. Se essas características não são alteradas não ocorrem mudanças no nível de mineralização das micelas (BRULE et alii (1974), BRULE & FAUQUANT (1981)). A concentração das proteínas do leite por ultrafiltração não tem efeito observável nas características da fase aquosa e não afeta o fósforo e o cálcio coloidais (BRULE & FAUQUANT (1981), LONERGAN (1983)).

Para reduzir os efeitos do aumento da relação entre o teor de cálcio coloidal e o de proteína total, e da quebra do equilíbrio entre o cálcio coloidal e o cálcio iônico, de modo a se obter coágulos similares aos tradicionais em composição e textura, vários autores sugeriram tratamentos como: ultrafiltração de leite coagulado (MAHAUT et alii, 1982), ultrafiltração de leites em menores valores de pH (pré-acidificação com fermento láctico ou adição de ácido láctico) e diafiltração (BRULE et alii (1974), CASIRAGHI et alii (1987), DELBERKE (1987)). PATEL et alii (1986) observaram que a diafiltração só é eficiente para remover lactose e não

cálcio. A acidificação do leite, antes ou durante o processo de ultrafiltração, provoca a solubilização do Cálcio ligado à proteína, e a razão entre o teor de cálcio coloidal e o de proteína total diminui com o decréscimo de pH (BRULE & FAUQUANT, 1981).

A firmeza de coágulos obtidos a partir de retentados de ultrafiltração está diretamente relacionada com a concentração de cálcio iônico e, portanto, aumenta com a redução de pH. Medidas de sinérese mostraram que coágulos de ultrafiltração tendem a expelir uma maior proporção de soro que aqueles obtidos de leite. Isso foi mais acentuado no caso de amostras acidificadas, provavelmente, devido à formação de uma rede mais densa de caseína e, conseqüentemente, maiores efeitos de quebra. A reologia e a sinérese dos coágulos, obtidos a partir de retentados de ultrafiltração, podem ser modificadas através de alteração no equilíbrio de cálcio, mas isso não é suficiente para obter o comportamento característico de um coágulo obtido pelo método tradicional (CASIRAGHI et alii, 1987).

A proporção correta entre o teor de cálcio e o de proteína total parece ser de importância fundamental em queijos e, portanto, são necessárias mais pesquisas para se definir a função dessa relação nas características dos queijos (LELIEVRE & LAWRENCE, 1988).

As diferenças de composição de queijos tipo Cheddar produzidos pelo método tradicional e através de ultrafiltração foram estudadas por EVERETT & JAMESON (1993). Os autores verificaram que o queijo produzido a partir de retentado apresentou concentrações mais altas de cálcio e fósforo, maior proporção entre teor de cálcio e de proteína total, teor maior de proteína solúvel a pH 4,6 e maior valor de pH que o queijo convencional. A viscosidade foi menor, provavelmente devido a uma menor densidade da matriz de caseína ou de um mecanismo onde a  $\alpha$  lactoalbumina não desnaturada estaria ligada ao cálcio, evitando que ele contribuísse nas ligações eletrostáticas da caseína. Os

autores observaram ainda que uma maior concentração de cálcio resultou em um queijo mais elástico.

Tanto a acidificação prévia como a adição de citrato resultam em um decréscimo do teor de cálcio coloidal e em um aumento da fração solúvel. Esse efeito é aditivo, uma vez que a adição de citrato a um retentado de ultrafiltração previamente acidificado provoca um decréscimo posterior no teor de cálcio coloidal (CASIRAGHI et alii, 1987).

A solução para o problema de sabor ácido em queijos frescos, produzidos a partir de retentados de ultrafiltração, foi a utilização de ultrafiltração de leite coagulado (pH 4,40) em membranas minerais (MAHAUT et alii 1982).

SUTHERLAND & JAMESON (1981) concentraram leite integral a 4,8:1 por ultrafiltração com variações sistemáticas nos teores de lactose e minerais, obtidas através de ajustes dos níveis de diafiltração e pH do leite. Os retentados foram convertidos em queijo tipo Cheddar através do processo tradicional. Eles descreveram um procedimento para prever a composição mais adequada do retentado para fabricação de queijo Cheddar e a interpolação dos dados obtidos sugere que, para fabricação desse queijo, a ultrafiltração deveria ser realizada na faixa de pH de 6,2-6,4 com nível de diafiltração suficiente para produzir um retentado com 3,3% de lactose. Esses resultados não foram confirmados por GREEN (1985).

Mc GREGOR & WHITE (1990,a) avaliaram os efeitos da diafiltração (65% de concentração e retorno ao volume original com água) e da acidificação a pH 6,2 para produção de queijo Cheddar com baixo teor de gordura. O retentado 5:1 foi convertido em queijo através do processo tradicional de fabricação. Os testes sensoriais mostraram que a acidificação e a diafiltração promoveram o sabor e a textura dos queijos, mas esses ainda não apresentaram o sabor característico de queijo Cheddar. Em um trabalho posterior eles avaliaram o efeito de tratamentos com enzimas produtoras de sabor para promover a qualidade do queijo (Mc GREGOR & WHITE, 1990,b).

O pH de ultrafiltração não teve efeito significativo no teor de sólidos totais, proteína, lactose, gordura ou citrato, mas os teores de Ca, P e cinzas foram significativamente afetados pelo pH de ultrafiltração. A quantidade de cálcio retida foi de 77-84% quando o leite não foi acidificado e de 62-72% quando o leite foi acidificado a pH 6,30. A capacidade tamponante do retentado foi menor quando o leite foi acidificado antes de ser submetido à ultrafiltração, devido a menor retenção de minerais (QVIST & THOMSEN, 1987).

A estrutura do queijo obtido a partir de retentados muito concentrados é resultante de efeitos de vários fatores, tais como: tamanho de submicelas e agregados micelares, teores de cálcio iônico, coloidal e fosfocaseinatos. Também são importantes os teores de constituintes solúveis (inclusive lactose) no soro e interações com proteínas do soro e glóbulos de gordura. Através da redução do teor de cálcio dos retentados e da alteração de suas formas tradicionais de ligação, pode-se obter queijos com estrutura semelhante ao queijo tipo Saint-Paulin tradicional (DELBEKE, 1987).

### **2.3.7. COAGULAÇÃO**

A coagulação e a formação do gel em retentados de ultrafiltração ocorre rapidamente e necessita de uma concentração bem menor de coalho que a necessária para coagular o leite (CREAMER et alii, 1987).

As propriedades de um coágulo por renina, produzido a partir de um retentado de ultrafiltração, são diferentes das obtidas com coágulos tradicionais (LAWRENCE, 1989).

A formação do gel ocorre em retentados de ultrafiltração quando apenas uma fração relativamente pequena de caseína é hidrolisada (GARNOT (1988), LELIEVRE & LAWRENCE (1988)). As

micelas, que não estão suficientemente modificadas nesse ponto de coagulação, são gradualmente hidrolisadas com o avançar do processo e se tornam incorporadas à estrutura do coágulo.

A redução do tempo de coagulação em função do aumento do teor de proteínas nos retentados de ultrafiltração foi observada por MEHAIA & CHERYAN (1983). Os autores atribuíram esse comportamento a um possível aumento no número de colisões, do qual depende a velocidade de agregação, devido à redução no volume da fase aquosa com o aumento do teor protéico, ou talvez devido ao aumento na concentração de cálcio, o que resultaria em maiores interações na fase secundária da coagulação.

Os géis preparados a partir de retentados tornam-se progressivamente mais frágeis com o aumento do fator de concentração (GREEN et alii, 1981). A habilidade do coágulo de reter gordura e umidade diminui com o aumento de sua fragilidade (GREEN, 1985). A homogeneização prévia parece fortalecer a rede protéica (GREEN, 1985).

A concentração do leite por ultrafiltração, mesmo em níveis relativamente mais baixos, resulta em uma modificação substancial na estrutura do coágulo, a firmeza é aumentada e a sinérese é acentuada (CASIRAGHI et alii, 1987). A natureza mais frágil do coágulo obtido a partir de retentados de UF pode ser atribuída a uma diferença na estrutura da rede protéica. Segundo LONERGAN (1983), provavelmente, a alta concentração de caseína altere a aglomeração das micelas quando da ação do coalho.

A presença de proteínas do soro nos coágulos de retentados de UF deve interferir na estrutura dos mesmos, mas isso ainda não foi suficientemente esclarecido. Segundo KONING et alii (1981) as proteínas constituem-se em um material inerte de enchimento e que, como parte da caseína é substituída pelas proteínas do soro, deve-se esperar que elas influenciem a consistência dos queijos conferindo um caráter de amaciamento, o que pode ser considerado vantajoso

especialmente para queijo semi-duro desengordurado, o qual tem consistência rígida.

Atribui-se à  $\kappa$ -caseína o papel de estabilizar as micelas de caseína contra a precipitação. Sua ação estabilizadora é destruída por enzimas proteolíticas, as quais atacam a molécula de  $\kappa$ -caseína, resultando na liberação de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas, as quais formam uma extensa rede protéica. A força dessa estrutura depende do pH, das quantidades de cálcio, de gordura e água presentes na matriz protéica (SHARKASI & KILARA, 1994).

Os resultados obtidos por LUCIANO et alii (1985) mostraram que a ultrafiltração afeta fortemente a cinética de coagulação e reforça os efeitos de uma redução de pH e de um aumento na concentração de renina. Em particular, um aumento na concentração protéica concomitantemente a uma redução no pH aceleram muito o processo de coagulação. Esse efeito claramente reduz o grau de liberdade na fabricação de queijos, significando que a acidificação e a concentração de renina deverão ser reduzidos quando se utiliza ultrafiltração.

Leite desnatado foi pré-acidificado a pH 6,4 e concentrado por ultrafiltração até o teor de proteína de 210g/L no retentado. Os retentados foram misturados com leite desnatado e creme para a obtenção de leites com teor protéico de 30 a 82g/L, os quais foram utilizados para fabricação de queijo Cheddar em equipamento tradicional. O aumento do teor de proteínas resultou em um decréscimo do tempo de gelatinização e aumento da firmeza do coágulo. À medida que a firmeza aumentou, ocorreu um aumento proporcional da dificuldade de cortar a massa sem destruí-la. Em função da destruição de partes da massa e conseqüente quebra de partículas, as perdas de gordura no soro foram maiores que as previstas nos leites com teor de proteína maior que 50g/L (GUINÉE et alii, 1994).



Segundo CREAMER et alii (1987), a adição de sessenta por cento da quantidade de coalho, utilizada no processo tradicional, ao retentado de ultrafiltração, permite a obtenção de um nível residual de coalho no queijo Cheddar similar ao do controle. Por outro lado, é necessária a adição de uma quantidade maior de coalho aos retentados, para se obter o mesmo grau de maturação do processo tradicional.

SHARMA et alii (1989), obtiveram resultados satisfatórios na produção de queijo tipo Cheddar a partir de retentado com fator de concentração de 2:1, através da adição de uma maior quantidade de cultura láctica (2% do volume original de leite), de mais coalho (0,2ml/kg em relação à quantidade original de leite), e da utilização de temperaturas mais baixas para cozimento da massa.

O grau de proteólise na gelatinização (coagulação enzimática) diminui com o aumento da concentração protéica, é independente do pH (até 6,2) e do tipo de enzima (quimiosina ou pepsina bovina) (GARNOT, 1988). A ocorrência de gelatinização quando a proteólise não está completa irá afetar as características reológicas do coágulo (GARNOT, 1988).

### **2.3.8. MATURAÇÃO**

A maior parte dos queijos produzidos atualmente são maturados antes do consumo, de forma a adquirirem as qualidades organolépticas características e desejáveis.

A maturação compreende uma série de processos bioquímicos complexos, os quais podem ser agrupados em proteólise, lipólise e metabolismo da lactose/lactato (FARKEY & FOX, 1990). A extensão e o tipo de maturação dependem da temperatura, do tempo de maturação, da composição do queijo, principalmente dos teores de umidade e sal, e dos tipos e atividades de enzimas e microrganismos presentes (FARKEY &

FOX, 1990). As mudanças físicas e químicas que ocorrem durante a maturação determinam as qualidades organolépticas do queijo (FARKEY & FOX (1990), WOLFSCHOON-POMBO (1983)).

A consistência e o sabor do queijo são muito dependentes da proteólise que ocorre durante sua maturação. Nas primeiras semanas de maturação o coalho hidrolisa a fração  $\alpha_{s1}$ -caseína ao peptídeo  $\alpha_{s1}$ , o que provoca o enfraquecimento da rede protéica de caseína. Em adição, a hidrólise da  $\beta$ -caseína e posterior hidrólise do peptídeo a peptídeos menores e aminoácidos ocorrem, principalmente, devido à atividade proteolítica de plasmina, quimosina e enzimas bacterianas do fermento láctico (CHRISTENSEN et alii, 1989).

A principal diferença observada entre queijos tradicionais e queijos produzidos a partir de retentados de ultrafiltração foi a de uma maturação significativamente mais lenta, principalmente devido a menor degradação da  $\beta$ -caseína (GREEN et alii (1981), KONING et alii (1981), QVIST (1987)).

A razão para uma liberação mais lenta de aminoácidos em queijos produzidos a partir de retentados de ultrafiltração, independentemente do fermento usado, não é conhecida, mas proteinases e/ou inibidores de peptidases existem no leite e eles podem estar mais concentrados nos coágulos de retentados de ultrafiltração (HICKEY et alii, 1983). Segundo CREAMER et alii (1987), uma possível explicação para essa maturação mais lenta em queijos de retentados é a de que a lactoglobulina, presente nesses queijos, inibiria a atividade da plasmina.

HANSEN (1990) realizou estudos para acompanhar a atividade de plasmina e a proteólise em retentados e queijos produzidos a partir dos retentados. No retentado a pH 6,5, o plasminogênio foi rapidamente ativado a plasmina, a qual foi então rapidamente inativada. Em pH 5,4 (um valor típico para queijo), o plasminogênio foi mais estável, mas a plasmina foi rapidamente inativada. Outras enzimas proteolíticas, entretanto, atuaram no retentado, hidrolisando a caseína. Nos queijos tradicionais a atividade de plasmina foi de,

aproximadamente, 2,7nKat/g de caseína, permanecendo constante durante a maturação por 6 meses. No queijo produzido a partir do retentado, a atividade de plasmina foi de 1,9nKat/g de caseína, diminuindo a 1,2nKat/g de caseína, durante o primeiro mês de maturação. A estabilidade do plasminogênio foi maior no queijo obtido a partir do retentado que no tradicional. A atividade mais baixa de plasmina no queijo do retentado resultou em uma hidrólise relativamente lenta de ambas  $\alpha_{s1}$ -caseína e  $\beta$ -caseína. A degradação da  $\beta$ -caseína pela plasmina foi confirmada por FARKEY & FOX, 1992.

Durante a maturação de queijos fabricados a partir de retentados de UF, as proteínas do soro são resistentes à hidrólise por renina e enzimas microbianas (BUSH et alii (1982), COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1978), QVIST (1987)). Entretanto, para certos tipos de queijos fabricados a partir de retentados de UF a hidrólise da  $\alpha_{s1}$  e  $\beta$ -caseínas é comparável à observada em processos tradicionais (FURTADO & PATRIDGE, 1988).

OMAR (1987) quando da produção de queijos Domiati a partir de retentados de UF, obteve queijos com sabor, corpo e textura superiores aos tradicionais. Os resultados sugeriram que as alterações bioquímicas ocorreram mais rapidamente nesses queijos durante a maturação. O autor observou maior concentração de aminoácidos livres nos queijos de retentados, indicando que ocorreu uma maior atividade proteolítica nos mesmos. Resultados semelhantes foram obtidos por EL-ZAYAT & OMAR (1987) na produção de queijo tipo Kareish.

A quebra da  $\alpha_{s1}$ -caseína aumenta com o aumento da concentração de coalho. Em queijos tipo Cheddar produzidos a partir de retentados de ultrafiltração, quando a taxa de renina residual foi a mesma do controle, a taxa de quebra da  $\alpha_{s1}$  foi menor (CREAMER et alii, 1987). Os autores atribuíram este fato a uma possível diluição do substrato caseína pelas proteínas do soro, e recomendaram níveis mais altos de renina para a obtenção de queijos tipo Cheddar com textura e sabor

característicos. KONING et alii (1981) verificaram que a produção de nitrogênio solúvel no queijo, produzido a partir de retentado de ultrafiltração, estava linearmente correlacionada com a quantidade de coalho utilizada.

GREEN (1985) sugeriu a utilização de proteases para promover a maturação de queijos tipo Cheddar, apesar de ter utilizado o tratamento com Neutrase e verificado a ocorrência de proteólise excessiva e de sabores indesejáveis no queijo. LAW & WIGMORE (1982) citados por ARDO & PETERSON (1988) verificaram que a proteinase neutra Neutrase (NOVO) acelera o desenvolvimento do sabor típico de Cheddar, entretanto altas concentrações da enzima resultaram em queijos com sabor amargo.

Mc GREGOR & WHITE (1990,b) utilizaram uma mistura de proteinases e lipases com o objetivo de superar as deficiências de sabor, corpo e textura de queijo tipo Cheddar com baixo teor de gordura, mas não obtiveram resultados satisfatórios.

A adição de enzimas para acelerar a maturação do queijo seria mais interessante se aplicada a queijos de retentados com maturação mais lenta que o normal, devendo-se considerar que a quantidade a ser adicionada ao retentado deveria ser menor que no leite, uma vez que a perda de enzimas no soro é menor (FERNANDEZ-GARCIA et alii, 1993).

GUINÉE et alii (1994) observaram que o aumento do teor de proteínas na faixa de 30 a 70g/L, por ultrafiltração, para fabricação de queijo tipo Cheddar resultou em menor proteólise e maturação. Os autores verificaram que através da adição de plasmina ao queijo, ocorreu uma maior proteólise com um aumento concomitante de frações liberadas da  $\beta$ -caseína. Entretanto, o nível de  $\alpha_{s1}$ -caseína presente parece ser independente da atividade de plasmina, sugerindo que a  $\beta$ -caseína foi mais facilmente hidrolisada pela plasmina no queijo que a  $\alpha_{s1}$  caseína. As qualidades organolépticas dos queijos tipo Cheddar enriquecidos com plasmina foram

consideradas superiores às dos queijos controles, a maturação foi muito acelerada e nenhum sabor amargo foi detectado. Os autores concluíram que um nível de plasmina 3-4 vezes maior que o teor de plasmina nativa seria o ideal para a fabricação de queijos Cheddar a partir de retentados.

A utilização de *Lactobacilos* e de proteinases na fabricação de queijo tipo Gouda por ultrafiltração promoveu a sua maturação (SPANGLER et alii, 1990). ARDO & PETERSON (1988) descreveram os efeitos da proteólise, durante a maturação de queijo suíço, por uma combinação de Neutrase e *L. helveticus* tratado termicamente. A Neutrase foi responsável por acelerar a quebra da caseína e introduziu peptídeos amargos, os quais parecem ter sido quebrados pelas células de *L. helveticus*. PUCHADES et alii (1989) verificaram que os *Lactobacilos* aceleram a maturação de queijos tipo Cheddar, sendo que o melhor desempenho foi obtido com *L. casei*.

O efeito da concentração protéica na taxa de proteólise é diferente de acordo com o pH e o tipo de enzima (GARNOT, 1988).

A adição de 0,5% de NaCl e a acidificação do leite com cultura láctica a pH 6,2, antes da ultrafiltração, promoveu o sabor e a textura de queijos tipo Teleme maturados (VEINOGLU & BOYAZOGLU, 1982).

KONING et alii (1981) produziram um queijo semi-duro e verificaram que, apesar dos queijos apresentarem uma textura mais macia que o tradicional, não apresentaram sabor desagradável, contradizendo as investigações anteriores nas quais foi encontrada uma influência negativa quando as proteínas do soro foram incorporadas em queijos semi-duros. Os autores atribuíram esse comportamento ao fato das proteínas do soro não serem degradadas pela renina e, conseqüentemente, não serem produzidos peptídeos amargos decorrentes da sua degradação.

Segundo SPANGLER et alii (1990), deve-se utilizar um fator de concentração de 5:1, 0,021% de coalho (com base no volume de leite não concentrado) e temperatura de coagulação de 26°C para aumentar a proteólise em queijo tipo Gouda. Para aumentar a firmeza e minimizar o sabor amargo, utilizar 0,007% de renina e uma temperatura de coagulação de 38,9°C.

Como a contribuição das proteínas do soro para o sabor e aroma do queijo é quase que inexistente, isso significa que, em um mesmo estágio de maturação, o queijo produzido a partir de retentados irá apresentar um sabor menos pronunciado que o queijo controle, devido a uma menor proporção de produtos oriundos da degradação da proteína e formadores de sabor no queijo (KONING et alii (1981)).

#### **2.3.9. FATOR DE CONCENTRAÇÃO**

PAHKALA et alii (1985) conforme citado por JENSEN et alii (1987) apresentaram o estudo da aplicação de ultrafiltração na fabricação de queijo tipo edam usando técnicas tradicionais. O nível de coalho usado foi 1/4 do usado no queijo controle. Acima de um fator de concentração de 2, as perdas de gordura no soro aumentaram, não havendo efeito na retenção de proteínas. Os queijos apresentaram uma massa dura, cor marmoreada e sabor atípico. Queijos produzidos de leite concentrado por ultrafiltração a um fator de 2:1 apresentaram uma melhor avaliação sensorial que queijos de leites mais concentrados.

EL-SHABRAWY (1985), conforme citado por JENSEN et alii (1987), apresentou um estudo quanto à fabricação de queijo tipo Edam a partir de leite controle e retentados de ultrafiltração 2:1, usando métodos tradicionais. Os queijos UF apresentaram maiores teores de proteína e umidade e menor teor de gordura no extrato seco. A proteólise foi mais lenta no queijo produzido a partir do retentado.

SPANGLER et alii (1990) avaliaram o efeito de fatores de concentração de 3,6 a 5,0 na fabricação de queijo tipo Gouda e verificaram que os queijos produzidos a partir de leites com maior fator de concentração apresentavam menor teor de umidade. Os queijos apresentaram menor intensidade de sabor amargo com o aumento do fator de concentração, segundo os autores, talvez devido à inclusão das proteínas do soro que não sofrem proteólise. Os autores concluíram que o fator de concentração mais adequado seria o de 5:1, pois obtiveram queijos mais similares aos tradicionais utilizando retentados com esse nível de concentração.

A utilização de fatores de concentração maiores que 2 resultaram em perdas de rendimento e queijos Cheddar de qualidade ruim e com textura atípica (GREEN et alii, 1981). Os autores verificaram que o aumento do fator de concentração dos retentados resultava em redução do tempo de coagulação e do grau de agregação das micelas. Entretanto, o corte dos coágulos foi mais difícil e a perda de gordura no soro maior.

Quando queijos tipo Cheddar foram produzidos a partir de leites concentrados de 3 a 6 vezes por ultrafiltração, as estruturas e as texturas dos queijos foram mais próximas às dos queijos controles quando esses foram produzidos a partir de retentados 5:1 (GREEN, 1985).

#### **2.3.10. RENDIMENTO NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE QUEIJOS A PARTIR DE RETENTADOS DE ULTRAFILTRAÇÃO**

O principal benefício associado com a aplicação da ultrafiltração em queijos relaciona-se com o aumento de rendimento. MAUBOIS, MOCQUOT & VASSAL (1969), os inventores do processo M.M.V. sugeriram um aumento de 20% devido à total retenção das proteínas do soro nesse processo.

Segundo IYER & LELIEVRE (1987), existem basicamente dois métodos através dos quais a fabricação de queijos a partir de

leite concentrado por ultrafiltração pode apresentar maior rendimento. Primeiramente, pode aumentar o peso de certos componentes hidrossolúveis, principalmente proteínas do soro no queijo. Esse aumento de peso poderia permitir que uma quantidade extra de água fosse incorporada no produto, sem diminuir sua qualidade. Em segundo lugar, a utilização de equipamentos adequados para tratamento do coágulo obtido a partir do retentado, reduziria as perdas de finos de caseína e gordura.

Como na fabricação de queijos a partir de retentados ocorre menor sinérese, resultando em menor perda de nitrogênio, a utilização dos retentados proporciona maior rendimento, mesmo se o retentado for submetido às etapas de corte e drenagem do soro (PERI et alii, 1985).

Segundo GOUDEDRANCHE et alii (1980), através da utilização de membranas minerais é possível obter retentados de ultrafiltração com 21% de proteínas e 45% de sólidos totais, produzir queijos tipo Saint-Paulin e obter um aumento no rendimento de 19%. Os autores afirmaram ainda que as performances observadas com o equipamento (30 litros de leite tratados por hora e m<sup>2</sup>) oferecem condições suficientes para o seu emprego em escala industrial.

ERNSTROM et alii (1980) obtiveram um aumento de rendimento de 16 a 18%, em relação ao processo tradicional, quando produziram uma base para queijo tipo Cheddar a partir de retentado diafiltrado, acidificado e evaporado.

RAO & RENNER (1988) obtiveram um aumento de rendimento de 22% quando utilizaram retentados tratados a 76°C por 5 minutos e de 12% quando utilizaram retentados sem tratamento na produção de queijo tipo Cheddar.

A padronização do leite desnatado ao fator de concentração de 1,3:1, por ultrafiltração, para fabricação de queijos tipo Mussarela e tipo Cottage resultou em um aumento de 3,0% de rendimento (HICKEY & VERSTEEG, 1993).



A produção de queijo tipo Cheddar a partir de retentado com fator de concentração de 2:1, não resultou em aumento de rendimento (SHARMA et alii, 1989).

O uso de ultrafiltração na fabricação de queijo Minas Frescal pelo método MMV permitiu um aumento de rendimento do processo de 11,85% a partir de uma quantidade fixa de leite, além de uma economia de cerca de 85% de coalho e 81% de fermento láctico, em relação ao processo tradicional (VAN DENDER, 1995).

Segundo LAWRENCE (1989), o sucesso da aplicação de ultrafiltração no processo de fabricação de queijos irá depender da viabilidade econômica do processo, a qual seria principalmente governada pela magnitude do aumento de rendimento e, especificamente, pelo aumento na retenção de proteínas do soro, água e gordura. A presença de proteínas do soro desnaturadas, aparentemente, permite que o queijo produzido a partir do retentado adquira uma textura adequada em teor de umidade maior que o de um queijo semelhante produzido pelo processo tradicional. O aumento de rendimento precisa ser suficientemente alto para justificar os altos custos de capital requeridos para a compra do equipamento de ultrafiltração e de equipamentos especiais para manusear o coágulo. Cálculos hipotéticos sugerem que um aumento de rendimento da ordem de 8% poderia tornar o processo viável economicamente.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAL

##### 3.1.1. EQUIPAMENTOS

- Sistema de ultrafiltração, dotado de membranas minerais com "cut-off" de 20.000 Daltons, TECH-SP, modelo S37.
- Tanque pasteurizador INADAL com capacidade para 100 Kg.
- Homogeneizador rotativo ULTRA-TURRAX.
- Estufa B.O.D., FANEM, modelo 347 CD.
- Potenciômetro MICRONAL, modelo B375.
- Digestor Modelo 40-2S e Destilador Micro-Kjeldahl, Modelo TE-036, TECNAL.
- Tanques de coagulação.
- Balanças analíticas METTLER, Modelo AB 204.
- Balança FILIZOLA, com capacidade para  $500 \pm 0,05$  kg.
- Balança HOBART, com capacidade para  $15,000 \pm 0,005$  kg.
- Balança semi-analítica METTLER P 1000.
- Estufas FANEM, modelo 315 SE, a temperaturas de 30°C, 32°C, 37°C, 55°C, 105°C e 150°C.
- Muflas QUIMIS.
- Embaladora a vácuo SELOVAC LR 420.
- Espectrofotômetro UV/Visível BECKMAN INSTRUMENTS, modelo DU-70, 190-900 nm.
- Centrífuga de Gerber.
- Autoclave vertical a gás FABBE.

- Prensa vertical em alumínio.
- Fogão CONTINENTAL 2001-Caprice.
- Congeladores e refrigeradores domésticos.

### 3.1.2. OUTROS

- Leite pasteurizado Shefa.
- Coalho Há-La, em pó.
- Corante líquido Há-La.
- Cultura láctica de *Lactococcus lactis* subs. *lactis*, cepa da UNICAMP.
- Cultura láctica Probat 8/12 série 50 da WIESBY, constituída de *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* mais *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* mais *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* mais *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*.
- Cultura láctica de *Lactobacillus helveticus* série 50 da WIESBY.
- Formas plásticas de queijo tipo prato.
- Filmes plasticos para embalagem à vácuo.
- Leite em pó instantâneo.
- Vidrarias de laboratório.
- Reagentes, meios de cultura e corantes.
- Utensílios de planta piloto: termômetros, tanques de alimentação em aço inox com capacidade para 100 e 200 litros, vasilhames plásticos para alimentos com capacidade para 1,0, 2,0, 5,0, 10,0 e 50,0 litros, liras, agitador manual de aço inox, cronômetro, colheres e espátulas de aço inox.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Inicialmente foram realizados testes preliminares com o objetivo de verificar a possibilidade de se produzir queijo tipo prato pelo processo M.M.V., através da concentração do leite por ultrafiltração até fatores de concentração de 6,5:1 a 7,5:1 e posterior conversão direta dos retentados obtidos em queijos. Foram também realizados testes com o objetivo de definir condições do processo de ultrafiltração de leite e do processo de conversão dos retentados em queijos.

Em função dos resultados obtidos nos testes preliminares, optou-se, em uma primeira fase, por estudar o efeito do fator de concentração. O leite foi concentrado em 4 níveis, a saber: 1:1,5; 1:2,0; 1:3,5 e 1:5,0. Os retentados obtidos foram convertidos em queijo tipo prato, conforme descrito em 3.2.2.1, e esses queijos foram comparados com o queijo controle através de análises físico-químicas, cálculos de rendimento e de índices de proteólise.

Na fase seguinte o leite foi concentrado por ultrafiltração até o fator de 5:1, uma parte do retentado foi fermentada com três tipos diferentes de fermentos lácticos, misturada com o restante do retentado e essas misturas foram convertidas em queijos conforme descrito em 3.2.2.2. Foram avaliadas a eficiência desse processo de produção de queijos a partir de retentado e a influência dos fermentos lácticos utilizados nas características dos queijos obtidos.

Na fase final o retentado 5:1 foi convertido em queijo conforme descrito em 3.2.2.2, e foram comparados dois tipos de fermentos através de análise sensorial, de análises físico-químicas e determinações de índices de maturação.

## 3.2.2. PROCESSAMENTO

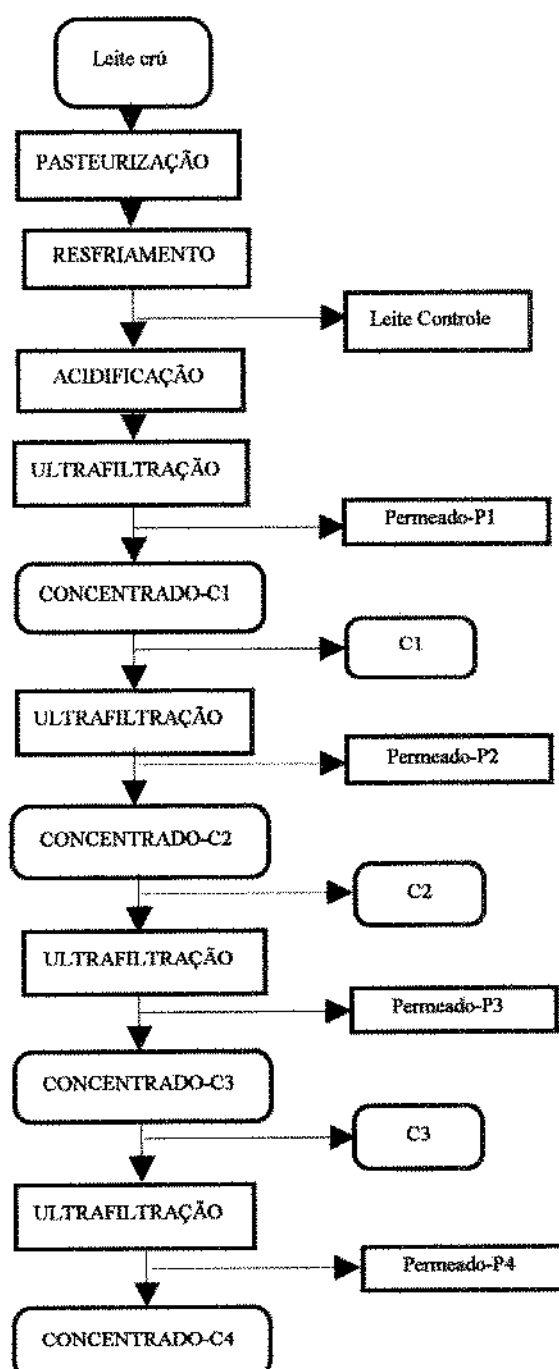
### 3.2.2.1. FATOR DE CONCENTRAÇÃO

O leite pasteurizado foi aquecido a 55°C em um tanque pasteurizador INADAL. Adicionou-se, a seguir, ácido láctico até redução de pH para 6,2-6,4. Após a acidificação, o leite foi concentrado no sistema de ultrafiltração até o fator de concentração de 1:1,5 (C1). Após a retirada de uma quantidade pré-determinada do retentado C1, o restante foi concentrado até o fator de 1:2,0 (C2) e, da mesma forma, foi retirada uma quantidade pré-determinada de C2 e o restante foi submetido à ultrafiltração até atingir-se o fator de concentração de 1:3,5(C3). Procedeu-se da mesma forma até atingir-se o fator de concentração final de 1:5 (C4). As quantidades pré-determinadas dos retentados, retiradas durante a ultrafiltração, foram calculadas de forma a obter-se quantidades suficientes de queijos e de amostras dos retentados para as análises.

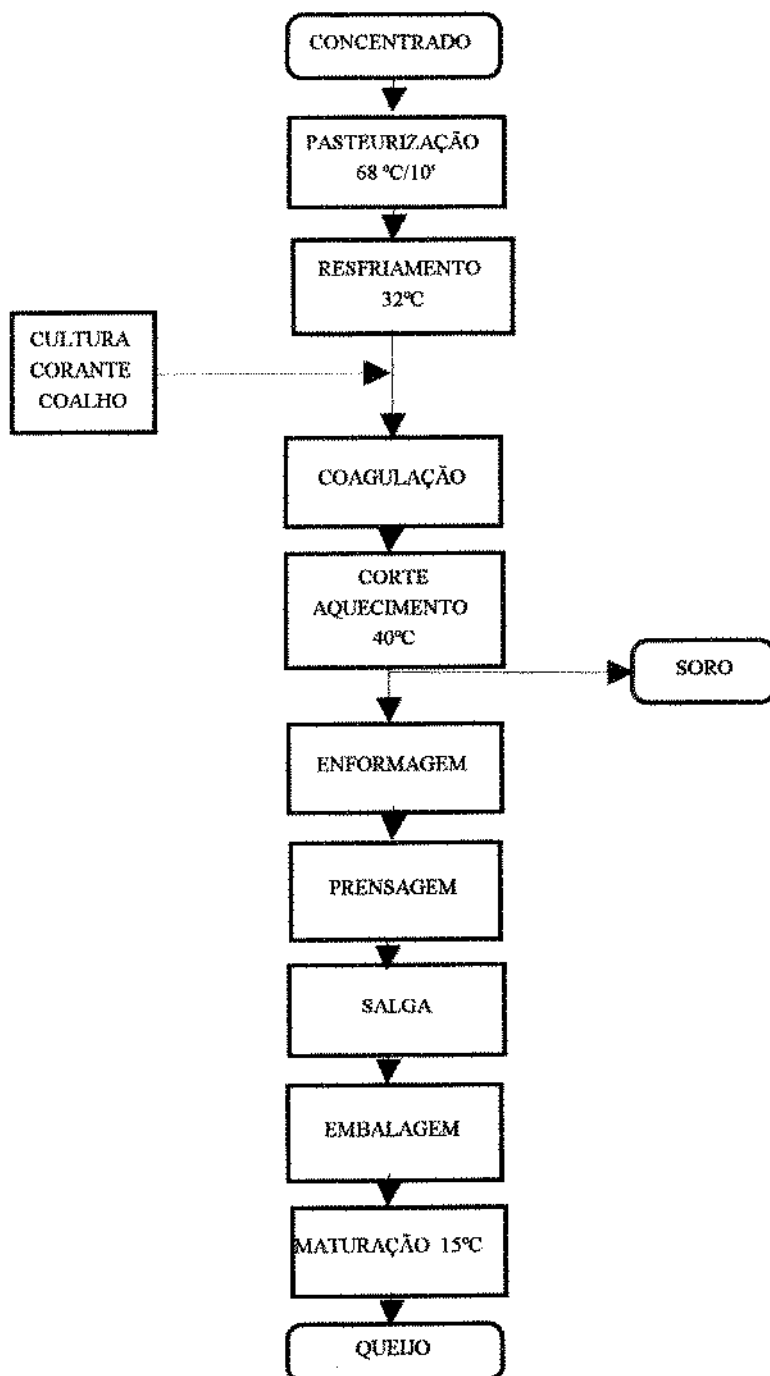
Os retentados foram pasteurizados a 65°C por 10 minutos, resfriados até à temperatura de coagulação de 32°C. Adicionou-se 1% de cultura láctica BD (Wiesby) e, finalmente, coalho. A quantidade de coalho adicionada foi a discriminada através de determinação da força do coalho, conforme descrito por OLIVEIRA (1986), com base no volume original de leite. Após a coagulação, procedeu-se ao corte em cubos e ao aquecimento a 40°C. A seguir, após a dessora, a massa foi colocada em formas plásticas para queijo tipo prato, com capacidade para um quilograma, e foi submetida à prensagem por 24 horas. A prensagem foi realizada conforme descrito por OLIVEIRA (1986) e a pressão aplicada às formas foi de vinte vezes o peso do queijo. Os queijos foram, então, retirados das formas e colocados em salmoura a 18% (p/v) de sal por 8 horas e, após a secagem, foram embalados a vácuo e colocados para maturação a 15°C.

Para produção do queijo controle foram retirados trinta litros do volume inicial de leite pasteurizado. O queijo foi produzido conforme metodologia descrita por OLIVEIRA (1986).

As Figuras 3.2.1 e 3.2.2 apresentam os processos de obtenção dos retentados e de conversão dos mesmos em queijos tipo prato.



**FIGURA 3.2.1.** Processo de obtenção dos retentados no experimentos I e II.



**FIGURA 3.2.2.** Processo de conversão dos retentados em queijos.

### 3.2.2.2. FERMENTAÇÃO DOS RETENTADOS

Foi avaliado o efeito da pré-maturação de uma parte do retentado, com 3 tipos diferentes de fermentos lácticos, na maturação e na qualidade do queijo tipo prato produzido a partir de retentado de ultrafiltração.

O leite pasteurizado foi aquecido a 55°C e submetido à ultrafiltração até fator de concentração de 1:3. Adicionou-se, a seguir, água deionizada pasteurizada e resfriada a 55°C para reduzir o teor de lactose a aproximadamente 3,3%, conforme descrito por SUTHERLAND & JAMESON (1981), e procedeu-se à ultrafiltração até o retentado atingir o fator de concentração de 1:5.

O retentado foi pasteurizado a 68°C por 10 minutos. Após a separação de uma parte para fermentação, o restante foi resfriado à temperatura de 5°C e armazenado em geladeira até o dia seguinte. A quantidade de retentado anteriormente separada foi subdividida em três lotes e cada lote foi inoculado com 10% de cultura láctica, conforme discriminação a seguir:

Lote 1: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, cepa da UNICAMP.

Lote 2: cultura Probat 8/12 Visbyvac da WIESBY, composta de: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetilactis* + *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*.

Lote 3: *Lactobacilos helveticus*, Visbyvac da WIESBY.

As culturas utilizadas foram preparadas através de inóculo de 1% da cultura em leite em pó desnatado, reconstituído a 10%, esterilizado a 121°C por 7 minutos e resfriado.

Os retentados, assim preparados, foram deixados fermentar por 18 horas.



Decorrido o tempo de fermentação, cada um dos lotes de retentado fermentado foi misturado com o retentado não fermentado, na proporção de 10:90, conforme descrito por JAMESON (1987), através de um homogeneizador rotativo. A seguir, adicionou-se o corante urucum, na proporção recomendada pelo fabricante e o coalho (quantidade baseada no volume original de leite), e procedeu-se à mistura com o homogeneizador rotativo durante segundos. Imediatamente, a seguir, a mistura foi colocada em bandejas plásticas, de modo que a altura da massa na bandeja atingisse um centímetro. Após 15 minutos a massa foi cortada, com auxílio de facas, e procedeu-se ao aquecimento até 40°C com agitação cuidadosa da massa. A seguir, após a dessora, a massa foi colocada em formas plásticas para queijo tipo prato, com capacidade para um quilograma, e submetida à prensagem por 24 horas. A prensagem foi realizada conforme descrito por OLIVEIRA (1986), e a pressão aplicada às formas foi de vinte vezes o peso do queijo. Os queijos foram então retirados das formas e colocados em salmoura a 18% (p/v) de sal por 8 horas e, após a secagem, foram embalados a vácuo e colocados para maturação por 40 dias. A Figura 3.2.3 apresenta o processo de obtenção do retentado e conversão desse em queijo tipo prato.

Em cada experimento foi retirada uma quantidade inicial (cinquenta litros) do leite pasteurizado para a produção do queijo controle, conforme metodologia descrita por OLIVEIRA (1986).

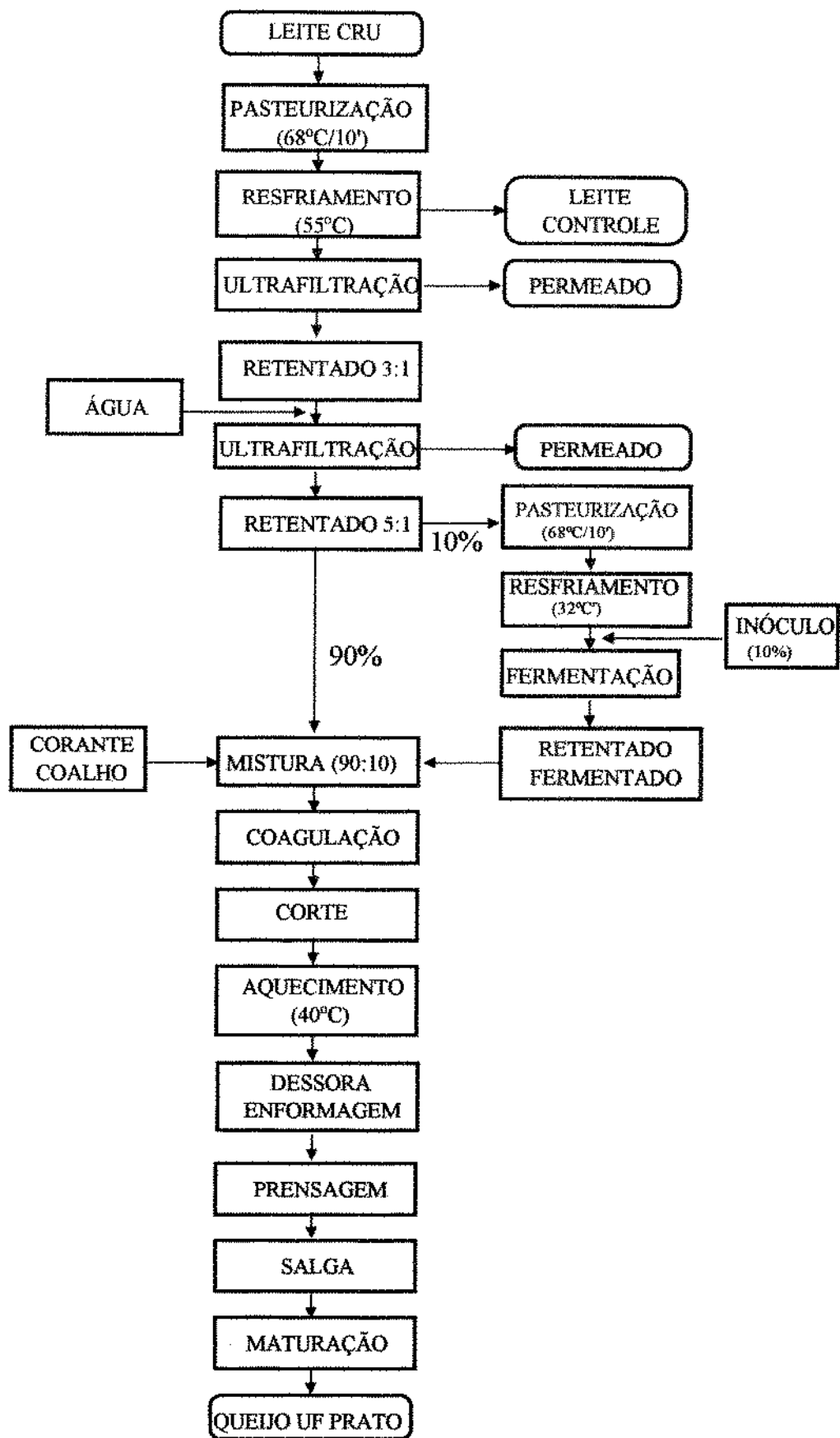


FIGURA 3.2.3. Processo de obtenção dos retentados e conversão em queijo prato

### 3.2.2.3. EXPERIMENTO FINAL: QUALIDADE DOS QUEIJOS

A partir dos resultados obtidos em 3.2.2.2 foram selecionadas dois fermentos. O retentado obtido foi fermentado e convertido em queijo prato, conforme descrito em 3.2.2.2. Foram produzidos dois queijos, sendo que no primeiro utilizou-se o fermento Probat e no segundo utilizou-se uma mistura do fermento Probat (5%) com fermento de *L. helveticus* (5%). Os queijos obtidos foram comparados com o queijo controle, após 40 dias de maturação, através de análise sensorial em laboratório. Os dois queijos também foram comparados entre si quanto à aceitabilidade através de um teste piloto de consumidor.

### 3.2.2.4. LIMPEZA E SANIFICAÇÃO DA UNIDADE DE UF

A limpeza da membrana foi realizada antes e após cada processamento, conforme as especificações do fabricante:

1. Enxague com água deionizada;
2. Circulação de solução de Hidróxido de sódio 5g/L durante 30 minutos a 80°C;
3. Enxague do equipamento com água deionizada até pH neutro;
4. Circulação de solução de ácido nítrico 3 a 5 ml/litro durante 30 minutos a 55-60°C;
5. Enxague do equipamento com água deionizada até pH neutro;
6. Medida do fluxo de permeado com água;
7. Circulação de solução de Hipoclorito de sódio 150-300 p.p.m. durante 30 minutos à temperatura ambiente. Quando o fluxo de permeado com água não retornava ao valor inicial, a operação de limpeza era repetida.

### 3.2.3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

#### 3.2.3.1. LEITE, RETENTADOS, PERMEADOS E SOROS DE QUEIJO

Nas amostras de leite, retentados, permeados e soros de queijo foram realizadas as seguintes determinações:

- **Acidez Titulável:** conforme descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981).
- **Cinzas:** conforme descrito na A.O.A.C. (1984).
- **Gordura:** conforme descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981).
- **Lactose:** por diferença.
- **Nitrogênio Total:** através do método micro-KJEDAHN, conforme descrito na A.O.A.C. (1984). A conversão para Proteína Bruta foi feita através do fator 6,38.
- **Nitrogênio Não Proteico:** conforme descrito por ASCHAFFENBURG & DREWRY (1958), pelo método micro-Kjedahl.
- **pH:** medido em potenciômetro MICRONAL, modelo B375.
- **Sólidos Totais:** conforme descrito na A.O.A.C. (1984).

#### 3.2.3.2. QUEIJOS

- **Amostragem:** conforme descrito na A.O.A.C. (1984).
- **Acidez Titulável:** conforme descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981).
- **Cinzas:** conforme descrito na A.O.A.C. (1984).

- **Gordura:** pelo método de Gerber, conforme descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981).

- **Frações Nitrogenadas:** as frações nitrogenadas (nitrogênio total, nitrogênio não proteico, nitrogênio não caseico) foram determinadas nos extratos de queijo, preparados com 10g de queijo diluídos com solução de citrato de sódio 0,5 M até 200ml, conforme metodologia descrita por GRIPON et alii (1975).

- **pH:** medido através de imersão do eletrodo na amostra de queijo moída e devidamente homogeneizada, em potenciômetro MICRONAL, modelo B375.

- **Sólidos Totais:** conforme descrito na A.O.A.C. (1984).

- **Proteólise:** para acompanhar a proteólise durante a maturação dos queijos utilizou-se o método de VAKALERIS & PRICE (1959).

- **Sal:** expresso em % de cloretos, foi determinado pelo método de VOLHARD, titulando-se o excesso de nitrato de prata com tiocianato de potássio, conforme descrito na A.O.A.C. (1984).

#### 3.2.4. DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE MATURAÇÃO

A partir das frações nitrogenadas determinadas durante a maturação dos queijos, foram calculados os índices de extensão de maturação e de profundidade de maturação, conforme descrito por WOLFSCHOON-POMBO (1983)

### **3.2.5. DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE REJEIÇÃO, RENDIMENTO E FATOR DE CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES**

Os coeficientes de rejeição dos componentes foram calculados conforme descrito pela FIL-IDF (1981). O rendimento e os fatores de concentração dos componentes foram calculados através de balanços de massa.

### **3.2.6. DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E DAS CIFRAS DE TRANSIÇÃO NOS QUEIJOS**

O rendimento foi determinado através de balanços de massa. As cifras de transição de umidade, proteína, gordura, cinzas e sólidos totais, foram calculadas conforme descrito por FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979).

### **3.2.7. ANÁLISE SENSORIAL**

#### **.2.7.1. ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA**

Os queijos produzidos nos experimentos finais foram comparados com os queijos controles, aos 40 dias de maturação, através de análise sensorial realizada no Laboratório de Análise Sensorial da UNICAMP.

Os provadores foram selecionados através de teste triangular, realizado com as amostras de queijo, conforme descrito por MORAES (1983).

Os provadores selecionados foram treinados e avaliaram as amostras de queijo através do método de análise descritiva quantitativa, conforme descrito por STONE et alii (1974). Os

atributos avaliados nas amostras de queijo foram definidos junto com os provadores. Os provadores avaliaram as amostras em uma ficha, apresentada no Anexo I, com os atributos selecionados em uma escala não estruturada de 9 pontos. Em relação ao aroma dos queijos, os atributos avaliados foram: aroma característico, aroma de curado, aroma de manteiga e aroma de fermentado. Em relação ao sabor dos queijos, foram avaliados os seguintes atributos: sabor característico, sabor de curado, sabor de manteiga, gosto amargo, gosto ácido e gosto doce. Quanto à aparência e textura dos queijos, foram avaliados os seguintes atributos: maciez, plasticidade, adesividade, cor característica, brilho e uniformidade. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados repetidos 3 vezes.

Os resultados obtidos foram representados graficamente através do método de análise do componente principal, e os resultados sugeridos por este método foram comparados com os resultados obtidos na análise estatística dos dados. Para a realização da análise estatística dos dados, análise de variância e teste de médias de Tukey, utilizou-se o programa S.A.S. (Statistical Analysis System).

#### **3.2.7.2. TESTE DE ACEITAÇÃO**

Para verificar a aceitabilidade dos queijos produzidos a partir dos retentados de ultrafiltração, foi realizado um teste de aceitação com 100 provadores não treinados na Escola de Engenharia Mauá. Os provadores avaliaram as duas amostras de queijo em uma escala hedônica de nove pontos e os resultados obtidos foram avaliados conforme descrito por SHIROSE & MORI (1994). O modelo de ficha utilizado no teste é apresentado no Anexo II.

### 3.2.8. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Nas amostras dos retentados fermentados foram realizadas determinações da quantidade de organismos para acompanhar o processo de fermentação dos mesmos.

Para observação do número total de colônias nas amostras dos inóculos e dos retentados fermentados, foram realizadas diluições sucessivas das amostras, as quais foram inoculadas, em profundidade, nas placas contendo o meio Man Rugosa Sharp Agar, conforme descrito na AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1972). As placas referentes às amostras de Probat (organismos mesófilos) foram incubadas a 30°C, e as referentes às amostras de *Lactobacillus helveticus* a 37°C.



## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos testes preliminares verificou-se que não era possível produzir queijo prato pelo processo M.M.V. com os equipamentos disponíveis. Os retentados obtidos, com fatores de concentração volumétricos de 6,5 a 7,5:1 apresentaram um grau muito elevado de aeração. Os queijos produzidos a partir desses retentados apresentaram uma estrutura esponjosa, concordando com os resultados obtidos por DELBEKE (1985) e BOER & NOOY (1980). Em função da não disponibilidade de condições para efetuar a desaeração do retentado nem a ultrafiltração a vácuo, conforme sugestão desses autores, decidiu-se testar fatores de concentração mais baixos, nos quais os retentados obtidos não apresentavam esse elevado grau de aeração, para produção dos queijos.

### **4.1. FATOR DE CONCENTRAÇÃO**

Nesta etapa foram realizados os experimentos I e II, conforme descrito em 3.2.2.1. Os retentados, com fatores de concentração de 1,5:1; 2,5:1; 3,5:1 e 5:1, foram utilizados para produção de queijo tipo prato. Todos os retentados foram submetidos às etapas de corte, tratamento da massa e dessora como no processo tradicional, de forma a se obter queijos com a composição química semelhante à do queijo prato.

#### 4.1.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As composições químicas dos leites, retentados e permeados obtidos nos experimentos I e II, são apresentadas na Tabela 4.1.1.

Os dados obtidos quanto à composição química dos leites, retentados e permeados nos experimentos I e II, apresentados na Tabela 4.1.1., mostram o aumento do teor de proteínas e gordura com o aumento do fator de concentração, concordando com as citações de BEATON (1979), KOSIKOWSKI, (1986) e LANG & LANG (1976).

No dois experimentos foram utilizados valores diferentes de pH e observou-se que, a diminuição do pH do leite resultou em uma redução no teor de cinzas do retentado e, conseqüente, aumento do mesmo no permeado, em concordância com os resultados obtidos por BRULE et alii(1974), BRULE & FAUQUANT(1981) e QVIST & THOMSEN (1987).

A acidez titulável dos retentados aumentou concomitantemente com o aumento do fator de concentração, o que pode ser atribuído ao aumento do teor de proteínas resultando em aumento do poder tamponante nos retentados, conforme citado por BRULE et alii (1974).

A composição química dos permeados variou muito pouco com o aumento do fator de concentração, observando-se variação apenas dos teores de cinzas e sólidos totais, a qual pode ser atribuída ao aumento da solubilização de cálcio com o decorrer do processo de ultrafiltração.

Os dados obtidos quanto aos teores de lactose nos experimentos I e II, mostram pouca variação com o aumento do fator de concentração. Com um menor pH de ultrafiltração, como no experimento II, os teores de lactose alteraram-se muito pouco, indicando que a redução de pH não aumenta a permeação de lactose, o que era esperado uma vez que não foi realizada a diluição da fase aquosa do retentado, a qual, por

sua vez reduziria o teor de lactose dos retentados, conforme citado por COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1977) e GOUDEDRANCHE et alii (1981).

**TABELA 4.1.1.** Composição química dos leites controles e dos retentados obtidos nos experimentos I e II, após 1 dia de fabricação.

AMOSTRA	pH	Acidez. (%a.l.)	Gordura (%)	Proteína (%)	Sólidos Tot. (%)	Cinzas (%)	Lactose (%)
Leite-P1	6,63	0,14	3,10	3,01	11,35	0,77	4,47
C1-P1	6,47	0,21	4,50	4,23	14,36	0,93	4,69
C2-P1	6,43	0,24	5,95	5,31	16,84	1,00	4,58
C3-P1	6,44	0,36	10,50	8,96	25,46	1,32	4,68
C4-P1	6,45	0,48	14,50	11,73	32,36	1,47	4,66
P1-P1	6,18	0,08	0,00	0,21	5,46	0,48	4,77
P2-P1	6,20	0,08	0,00	0,21	5,49	0,52	4,76
P3-P1	6,20	0,08	0,00	0,21	5,49	0,52	4,76
P4-P1	6,20	0,08	0,00	0,21	5,49	0,55	4,73
LEITE-P2	6,59	0,15	3,20	3,18	11,41	0,70	4,33
C1-P2	6,21	0,27	5,10	4,04	14,94	0,80	5,00
C2-P2	6,20	0,38	9,00	6,41	21,40	1,04	4,95
C3-P2	6,21	0,47	11,50	9,27	26,78	1,21	4,80
C4-P2	6,19	0,59	15,50	12,84	33,85	1,42	4,09
P1-P2	5,93	0,13	0,00	0,15	5,25	0,46	4,64
P2-P2	5,95	0,13	0,00	0,16	5,48	0,48	4,84
P3-P2	5,96	0,13	0,00	0,17	5,56	0,50	4,89
P4-P2	5,95	0,13	0,00	0,17	5,69	0,51	5,01

Onde: P1 = experimento I, P2 = experimento II, CI= retentado, PI= permeado.

As variações dos coeficientes de rejeição dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos nos experimentos I e II, conforme descrito em 3.2.5, são apresentadas nas Figuras 4.1.1 e 4.1.2.

Nos dois processamentos obteve-se uma total rejeição da gordura e de praticamente toda proteína, concordando com os resultados obtidos por GAROUTTE et alii (1982), GLOVER et alii (1971) e YAN et alii (1979).

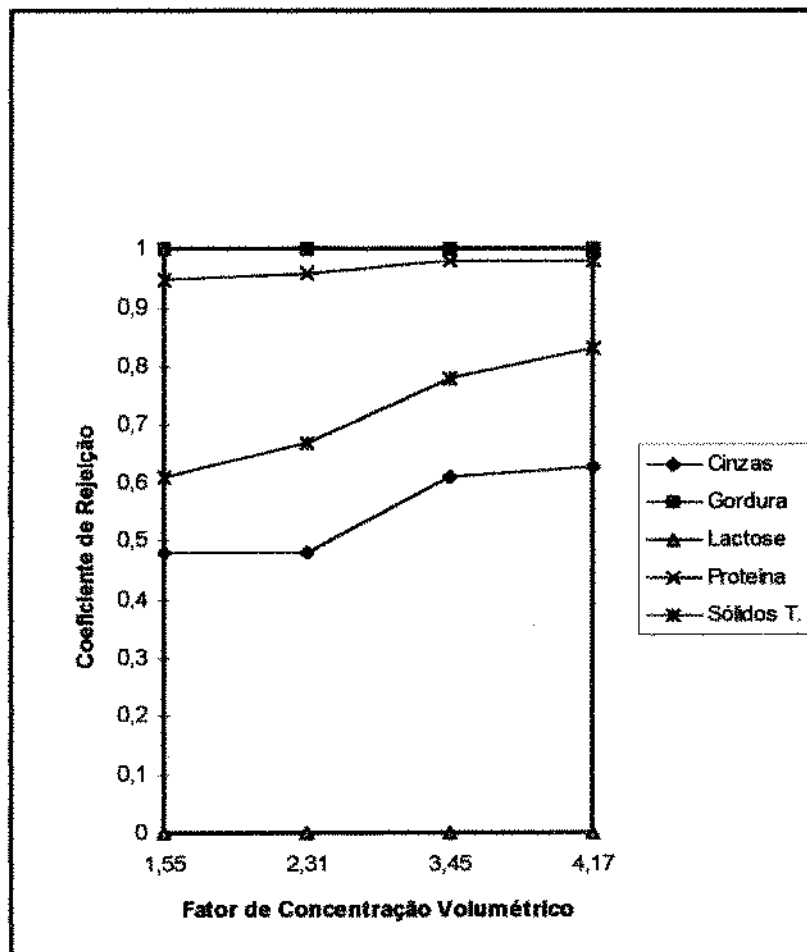
Os dados obtidos no experimento II, apresentados na Figura 4.1.2, mostram uma maior rejeição do componente cinzas que no experimento I, conforme dados apresentados na Figura 4.1.1, o que era esperado uma vez que no processamento II o pH foi menor que no processamento I, resultando em solubilização do cálcio e maior permeação desse componente, conforme citado por BRULE et alii (1974) e CASIRAGHI et alii (1987).

Em ambos os experimentos foram obtidos coeficientes de rejeição, para lactose, similares e próximos de zero, indicando que não houve retenção de lactose.

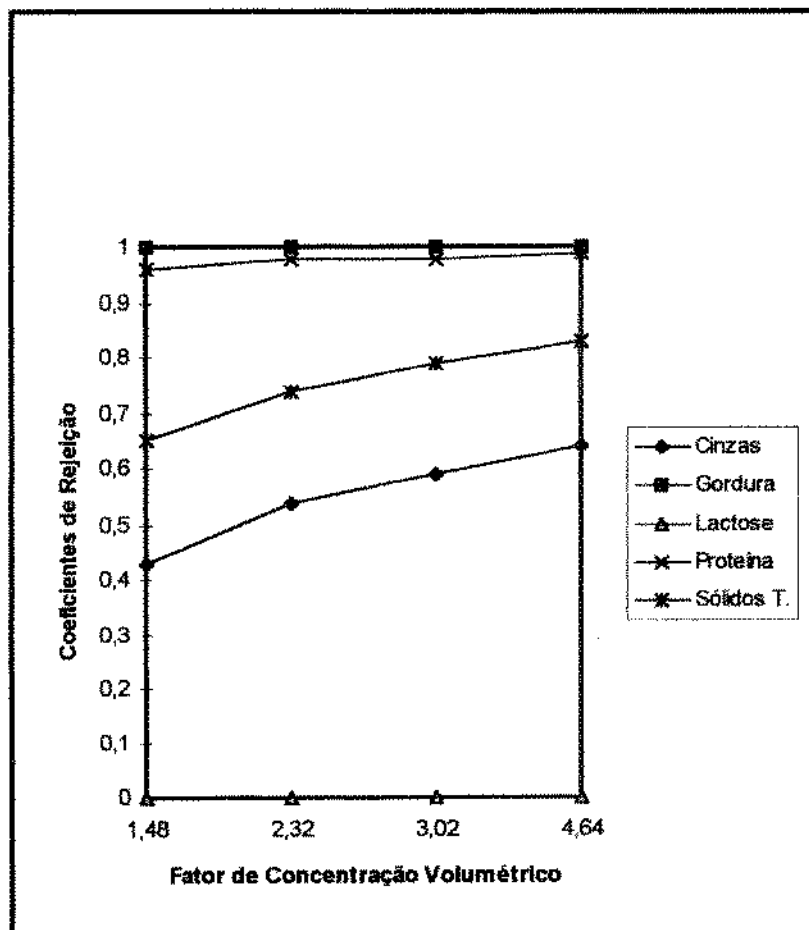
Através dos resultados obtidos nos experimentos I e II, apresentados nas Figuras 4.1.1 e 4.1.2, verifica-se que somente os coeficientes de rejeição das cinzas e dos sólidos totais variaram com o aumento do fator de concentração volumétrico. A variação dos coeficientes para sólidos é similar à variação observada para cinzas, indicando que foi o aumento dos coeficientes de rejeição para cinzas que provocou o aumento dos coeficientes de rejeição dos sólidos totais. Esse aumento no coeficiente de rejeição, com o aumento do fator de concentração, indica que houve uma crescente solubilização do cálcio durante a ultrafiltração, em função da redução de pH, principalmente no segundo experimento, onde o pH era menor, e conseqüentemente aumentou a concentração de cinzas no permeado.

A variação de pH, entre os experimentos I e II, não afetou os coeficientes de rejeição de lactose, gordura e

proteínas, concordando com os resultados obtidos por QVIST & THOMSEN (1981).



**FIGURA 4.1.1.** Coeficientes de rejeição dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no experimento I.



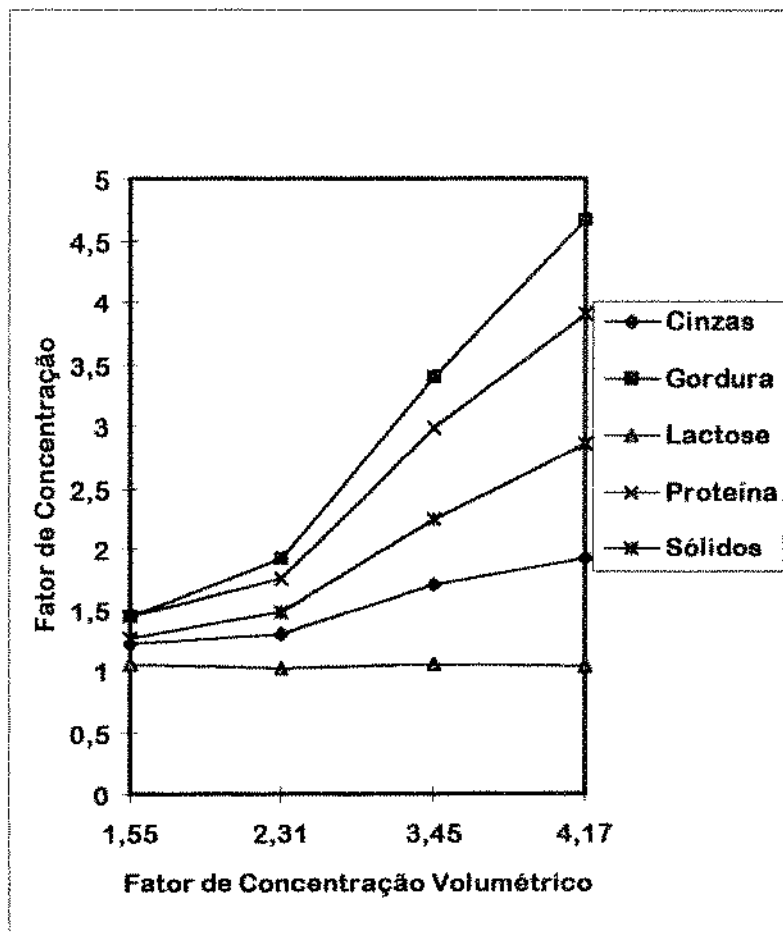
**FIGURA 4.1.2.** Coeficientes de rejeição dos componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no experimento II.

Os resultados obtidos em relação às variações do fator de concentração de cada um dos componentes, em função do fator de concentração volumétrico, obtidos nos experimentos I e II, são apresentados nas Figuras 4.1.3 e 4.1.4.

O fator de concentração de componente equivale-se ao cálculo da porcentagem de recuperação sugerido por BASTIAN et alii (1991).

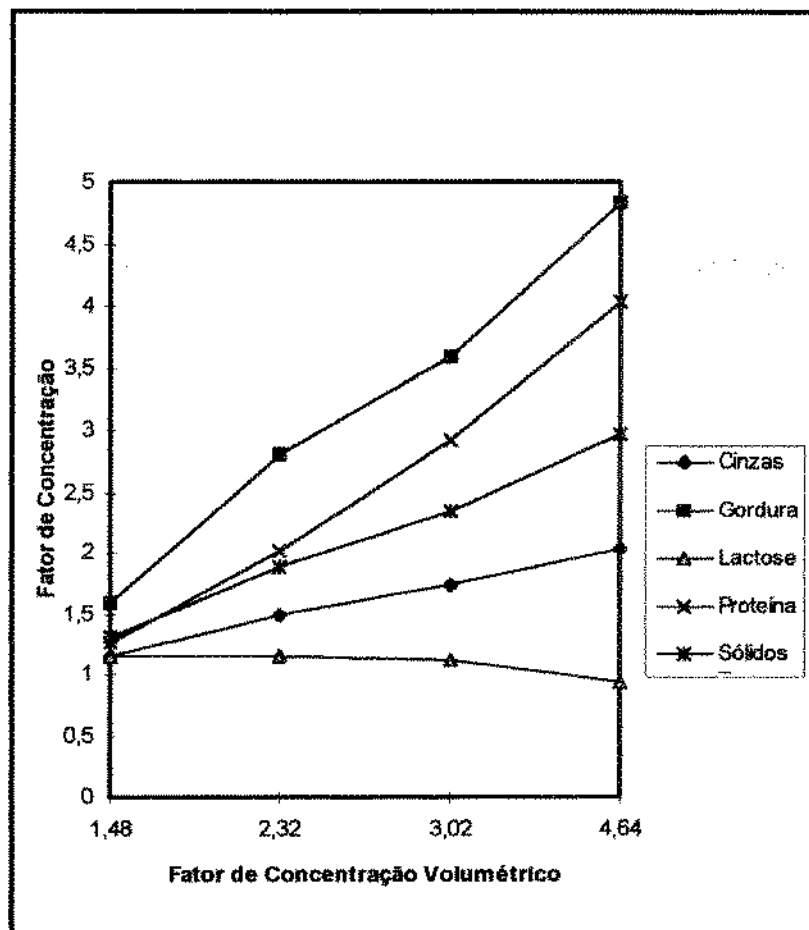
Os dados obtidos, apresentados nas Figuras 4.1.3 e 4.1.4, mostram um comportamento similar entre os dois experimentos. Indicam que ocorreu a elevação dos fatores de concentração dos componentes cinzas, gordura, proteína e sólidos totais com o aumento do fator de concentração volumétrico, e que essa elevação foi mais acentuada nos fatores de concentração maiores que 2,31 no experimento I e 2,32 no experimento II. À medida que aumentou o fator de concentração aumentou a viscosidade do retentado e, provavelmente, começou a ocorrer a deposição de componentes sobre a membrana dificultando a permeação dos mesmos.

Em relação ao componente lactose observa-se que, em ambos os experimentos, ocorreu uma variação muito pequena entre o fator de concentração da lactose e o fator de concentração volumétrico, concordando com os dados de coeficientes de rejeição obtidos (Figs. 4.1.1 e 4.1.2).



**FIGURA 4.1.3.** Fatores de Concentração dos Componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no processamento I.





**FIGURA 4.1.4.** Fatores de Concentração dos Componentes em função do fator de concentração volumétrico, obtidos no processamento II.

#### 4.1.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS QUEIJOS

A composição físico-química média dos queijos obtidos nos experimentos I e II, conforme descrito em 3.2.2.1, é apresentada na Tabela 4.1.2.

Os dados obtidos apresentados na Tabela 4.1.2, mostram que os queijos produzidos a partir dos retentados apresentam uma composição físico-química diferente dos queijos controles. Os queijos que mais se assemelham aos queijos controles são aqueles obtidos a partir dos retentados de menor fator de concentração, ou seja, os queijos 2.

A composição físico-química do queijo é dependente do seu processo de fabricação, ou seja, da retenção dos componentes dentro da rede de caseína e, conseqüentemente, de uma menor perda dos mesmos no soro. Os queijos produzidos a partir dos retentados foram submetidos à dessora para poder-se atingir o teor de umidade e a textura de um queijo semelhante ao Prato, uma vez que nenhum dos retentados, mesmo o de maior concentração, apresentava a composição química típica para ser convertido diretamente em queijo como no processo M.M.V.

À medida em que aumentou-se o fator de concentração dos retentados, também aumentou a firmeza dos coágulos e, conseqüentemente, a dificuldade de cortar e tratar a massa, pois apesar dos coágulos serem firmes e difíceis de cortar, também eram muito frágeis, concordando com as observações de GUINÉE et alii (1994).

A dificuldade de corte e tratamento dos coágulos obtidos a partir dos retentados de ultrafiltração aumentou com o aumento do fator de concentração, resultando em uma maior perda de componentes no soro quando se efetuava a dessora e, conseqüentemente, em menor retenção destes no soro.

**TABELA 4.1.2.** Composição química média<sup>1</sup> dos queijos obtidos nos Experimentos I e II.

Determinação	Queijo 1 P1 (controle)	Queijo 2 P1 (1:1,55)	Queijo 3 P1 (1:2,31)	Queijo 4 P1 (1:3,45)	Queijo 5 P1 (1:4,17)
pH	5,29	5,36	5,66	5,42	5,50
Acidez					
(% ác. lát.)	1,37	1,06	0,89	0,84	0,95
Gordura (%)	28,00	28,50	33,00	30,00	30,00
Cinzas (%)	3,54	3,25	4,42	3,33	3,57
N. Total (%)	2,93	2,86	3,08	3,51	3,23
N.N.P. (%)	0,17	0,16	0,18	0,26	0,26
N.N.C. (%)	0,24	0,26	0,27	0,30	0,37
P. Total (%)	17,61	17,23	18,50	20,74	18,95
Sal (%)	1,19	1,08	1,09	1,02	1,09
S. Totais (%)	55,07	55,86	61,16	58,79	59,19
G.E.S. (%)	50,84	51,02	53,96	51,03	50,68
Determinação	Queijo 1 P2 (controle)	Queijo 2 P2 (1:1,48)	Queijo 3 P2 (1:2,32)	Queijo 4 P2 (1:3,02)	Queijo 5 P2 (1:4,64)
pH	5,28	5,52	5,56	5,57	5,59
Acidez					
(% ác. lát.)	1,33	1,32	1,26	1,07	1,07
Gordura (%)	29,00	30,95	31,00	26,50	31,00
Cinzas (%)	3,62	3,86	3,07	3,48	3,58
N. Total (%)	2,96	2,99	3,04	3,08	3,09
N.N.P. (%)	0,21	0,23	0,24	0,27	0,52
N.N.C. (%)	0,24	0,26	0,27	0,30	0,37
P. Total (%)	17,61	17,23	18,50	20,74	18,95
Sal (%)	1,12	1,18	1,13	1,19	1,17
S. Totais (%)	58,09	58,90	57,65	59,31	59,15
G.E.S. (%)	49,92	52,55	53,77	44,68	52,41

<sup>1</sup> após 24 horas de prensagem

A variação observada nos dados obtidos, apresentados na Tabela 4.1.2, foi maior nos retentados de maior fator de concentração e, pode ser atribuída às dificuldades de tratamento dos coágulos obtidos.

Em ambos os experimentos, os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram valores mais elevados de pH que os respectivos controles, o que pode ser atribuído à dificuldade do fermento de reduzir o pH em retentados, concordando com os resultados obtidos por MISTRY & KOSIKOWSKI (1985).

Os queijos obtidos a partir dos retentados com fatores de concentração volumétricos em torno de 1:1,5, ou seja, 1:1,55 no experimento I e 1:1,48 no experimento II, foram os que apresentaram composição química e estrutura muito semelhantes aos queijos controles. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que foi possível realizar o corte e o tratamento dos coágulos obtidos a partir desses retentados sem dificuldades, de forma semelhante à realizada nos coágulos obtidos a partir dos leites controles. Esses resultados concordam com os obtidos por KOSIKOWSKI et alii (1985), quanto à produção de queijo tipo Cheddar com qualidade adequada a partir de retentados com baixos fatores de concentração volumétricos (low concentration retentate (LCR)), ou seja, de 1,5:1 a 1,8:1.

### 4.1.3. COEFICIENTES DE TRANSIÇÃO E RENDIMENTO DOS

#### QUEIJOS

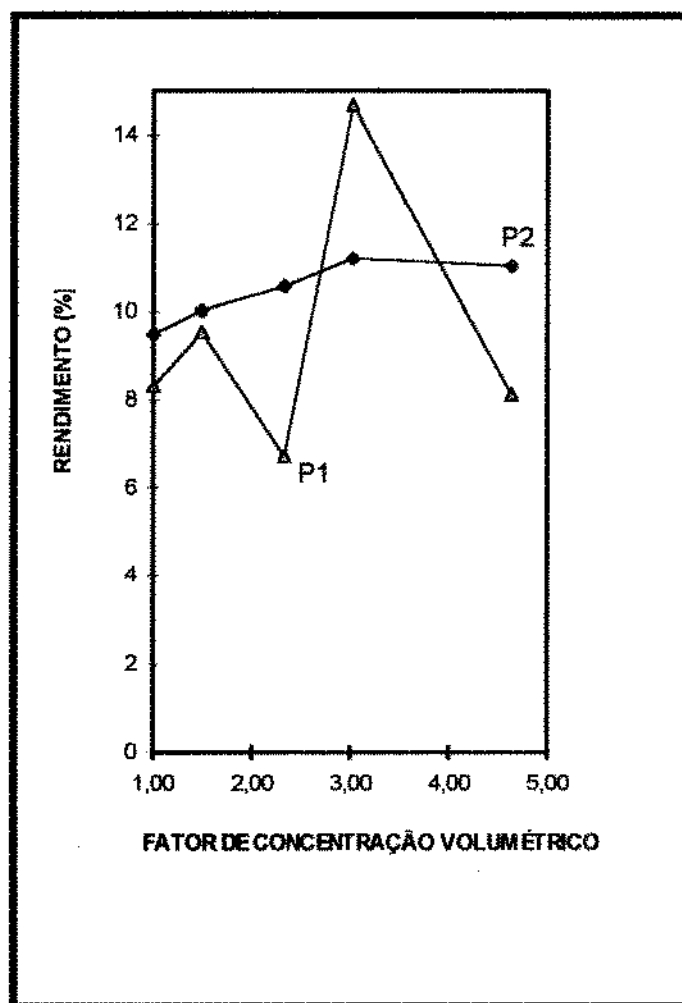
Os resultados obtidos quanto ao rendimento dos queijos, calculados conforme descrito em 3.2.6, em função dos fatores de concentração volumétricos nos experimentos I e II são apresentados na Figura 4.1.5.

Os valores de rendimento obtidos no experimento I apresentaram uma variação muito grande ao contrário dos obtidos no experimento II, conforme mostra a Figura 4.1.5. Tal comportamento pode ser atribuído às falhas ocorridas no processamento, devido à dificuldade de tratar os coágulos obtidos a partir dos retentados, as quais foram corrigidas nos processamentos posteriores.

Segundo FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979), o rendimento médio para queijos tipo prato é de 1,5 kg de queijo por 9,5 litros de leite. Os resultados obtidos no experimento II, conforme mostra a Figura 4.1.5, mostram que o queijo controle apresentou um valor próximo ao citado pelos autores. Os queijos 2, 3 e 4 apresentaram valores de rendimento maiores que o obtido no queijo controle, o que pode ser atribuído ao aumento dos teores de proteínas, principalmente proteínas do soro, e de gordura nos queijos com o aumento do fator de concentração. Esse aumento dos teores de proteínas e de gordura dos retentados durante o processo de ultrafiltração foi evidenciado nas Figs. 4.1.3 e 4.1.4.

Os valores de rendimento obtidos no experimento II, conforme a Fig. 4.1.5, mostram ainda um aumento crescente de rendimento concomitante ao aumento do fator de concentração até 1:3,0 e posterior decréscimo em fatores de concentração mais elevados, o que pode ser atribuído à ocorrência de uma maior perda de constituintes no soro, devido à dificuldade de manuseio desses retentados. Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos por GUINÉE et alii (1994),

os quais observaram que o aumento do teor de proteínas resulta em um aumento da firmeza do coágulo, com um aumento proporcional na dificuldade de cortar a massa sem destruí-la e, em função da destruição da massa, aumentam as perdas de constituintes no soro.



**FIGURA 4.1.5.** Rendimentos dos queijos em função dos fatores de concentração volumétricos, obtidos nos experimentos I e II.

A necessidade de efetuar-se o corte e o tratamento dos coágulos obtidos de forma cuidadosa, diferente da utilizada no processo tradicional, é demonstrada através dos resultados obtidos nos experimentos I e II. Tais resultados concordam com a observação de GREEN (1985), de que aumentando o fator de concentração do retentado diminui a habilidade dos coágulos obtidos de reterem gordura e umidade e aumenta a fragilidade dos mesmos. Portanto, é necessária a utilização de equipamentos adequados, especialmente desenvolvidos para tratamento dos coágulos obtidos a partir de retentados, conforme citado por IYER & LELIEVRE (1987).

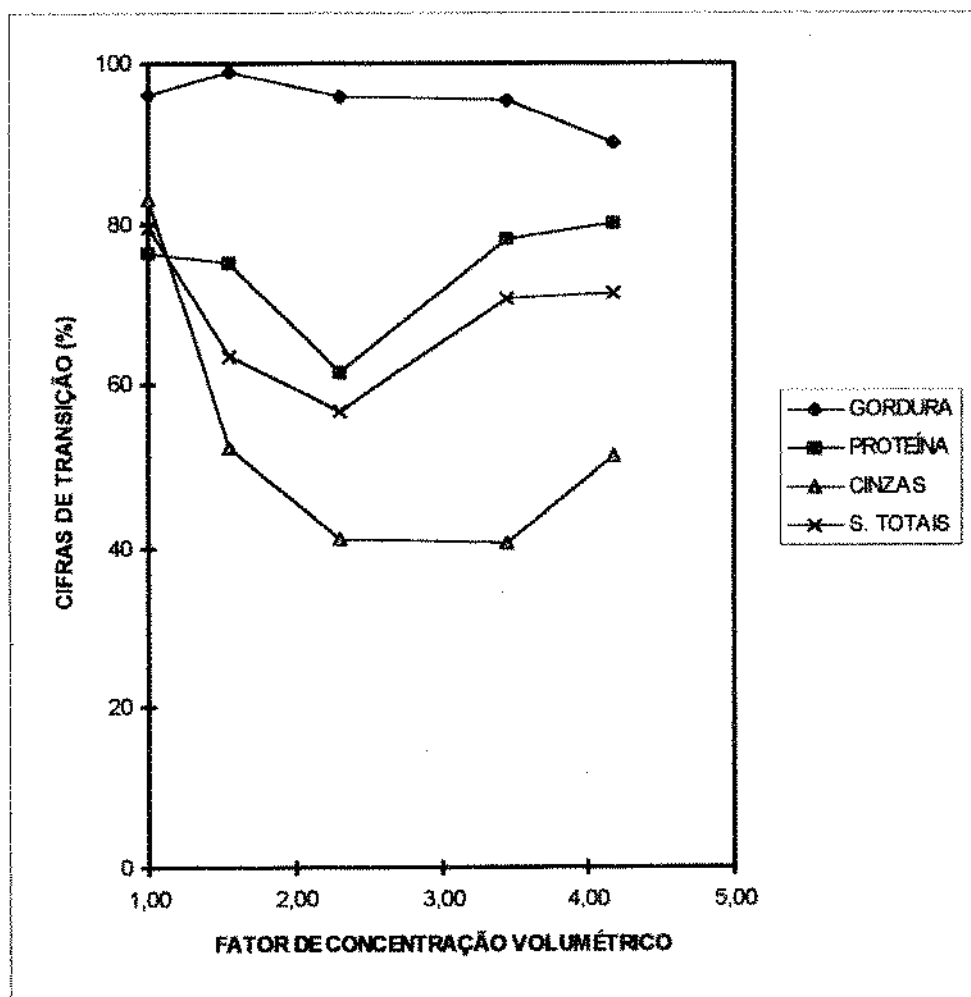
Os resultados obtidos mostram que a utilização de retentados para produção de queijo prato resulta em um aumento de rendimento em relação ao processo tradicional.

Os valores obtidos nos cálculos das cifras de transição, realizados conforme descrito em 3.2.6, em função dos fatores de concentração volumétricos para os experimentos I e II são apresentados, respectivamente, nas Figs. 4.1.6 e 4.1.7.

No experimento I, conforme mostra a Figura 4.1.6, ocorreu uma variabilidade grande das cifras de transição em função do fator de concentração volumétrico, e esses resultados podem ser atribuídos às deficiências no processo de conversão dos retentados em queijos, que foram corrigidas nos experimentos posteriores conforme citado anteriormente.

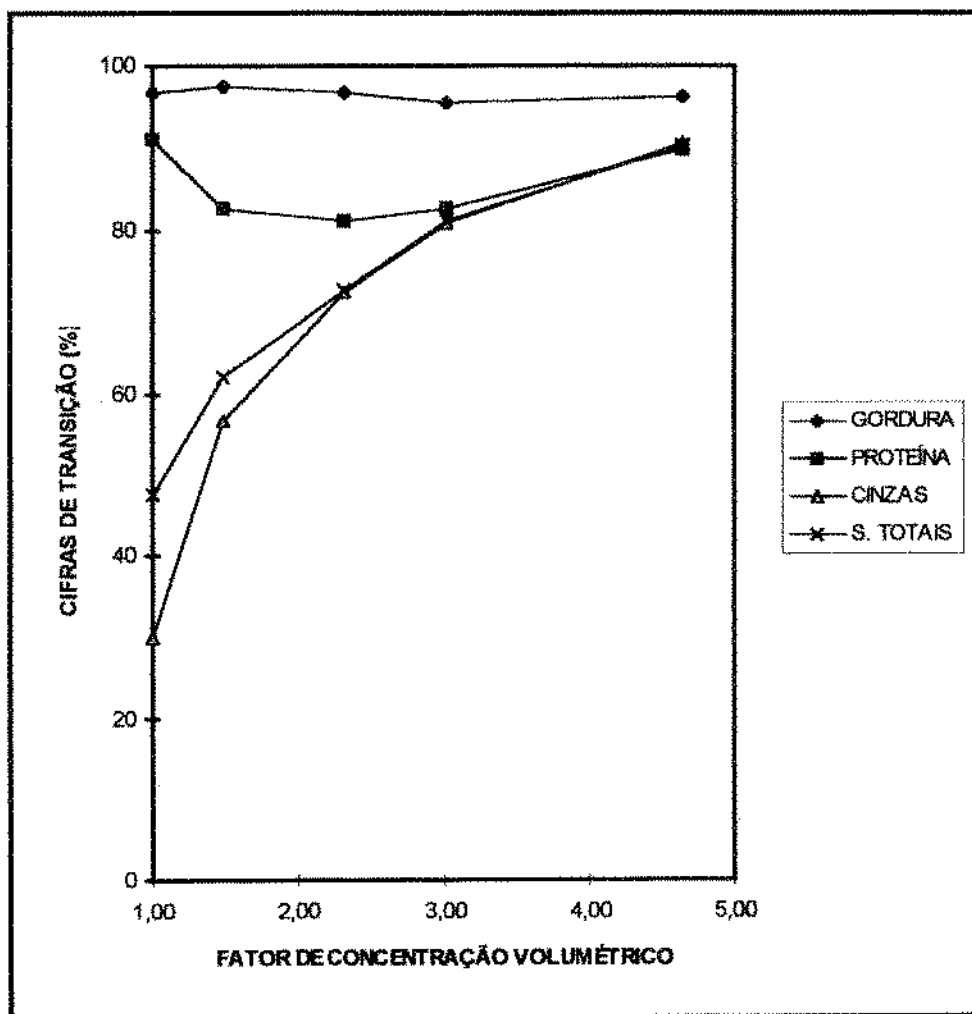
No experimento II, conforme mostra a Fig. 4.1.7, observou-se que ocorreu um aumento proporcional nas cifras de transição de sólidos totais e cinzas com o aumento do fator de concentração volumétrico e os valores obtidos para as cifras de transição dos queijos obtidos a partir dos retentados foi maior que a obtida para o queijo controle. Quanto às cifras de transição de proteínas, os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram valores menores que para o queijo controle, mas crescentes com o fator de concentração volumétrico. Quanto às cifras de transição de gordura, os queijos 2 e 3 apresentaram valores próximos ao obtido para o queijo controle, já os queijos 4 e

5 apresentaram valores menores. Esses resultados demonstram que houve perda de proteínas no soro e que essa foi crescente com o fator de concentração volumétrico, de tal forma que em fatores mais elevados o enfraquecimento da rede de caseína resultou na perda de gordura, concordando com os resultados obtidos por GREEN (1985).



**FIGURA 4.1.6.** Cifras de Transição em função do fator de concentração volumétrico, obtidas no experimento I.





**FIGURA 4.1.7.** Cifras de Transição em função do fator de concentração volumétrico, obtidas no experimento II.

Os valores obtidos para as cifras de transição por FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979) na fabricação tradicional de queijo tipo prato foram: 83,8% para a gordura, 80,4% para a proteína, 16,81% para cinzas e 50,03% para sólidos totais. Os valores obtidos no experimento II, conforme mostra a Figura 4.1.7. foram maiores em todos os queijos que os obtidos pelos autores citados.

A maior transição de componentes do leite para o queijo resulta em maior rendimento (PERI et alii (1985)). Os resultados obtidos e apresentados na Fig. 4.1.7 estão de acordo com os resultados de rendimento obtidos e apresentados na Fig. 4.1.5, indicando que é possível um aumento de rendimento quando se utiliza retentados para produção de queijo prato e que esse aumento depende da técnica utilizada no tratamento dos coágulos obtidos.

#### **4.1.4. VARIAÇÃO DE pH E ACIDEZ DURANTE A MATURAÇÃO:**

Os valores médios das determinações de pH, realizadas aos 1 e 30 dias de maturação nos queijos obtidos no processamento I e aos 1 e 30 dias de maturação nos queijos obtidos no processamento II, são apresentados na Tabela 4.1.3.

Ambos os experimentos, conforme a Tab. 4.1.3, mostram que os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram valores mais elevados de pH iniciais que os queijos produzidos a partir dos leites controles. Esse comportamento pode ser atribuído ao maior poder tamponante dos retentados, concordando com os resultados obtidos por BRULE et alii(1974).

Durante a maturação, o pH do queijo aumenta devido à formação de compostos nitrogenados alcalinos ou ao

catabolismo do ácido láctico (FARKEY & FOX, 1990), sendo que o pH do queijo Gouda aumenta de cerca de 5,1 para 5,3-5,9 (dependendo da época de fabricação). Os resultados obtidos, em ambos os experimentos, mostram que houve aumento de pH ao longo da maturação nos queijos produzidos a partir dos retentados, conforme dados da Tab. 4.1.3, mas esse foi menor que os obtidos nos queijos controles. Esse comportamento pode ser atribuído a uma menor atividade do fermento láctico nos queijos produzidos a partir dos retentados que no queijo controle, concordando com os dados obtidos por Brule et alii (1974) e BRULE et alii (1975).

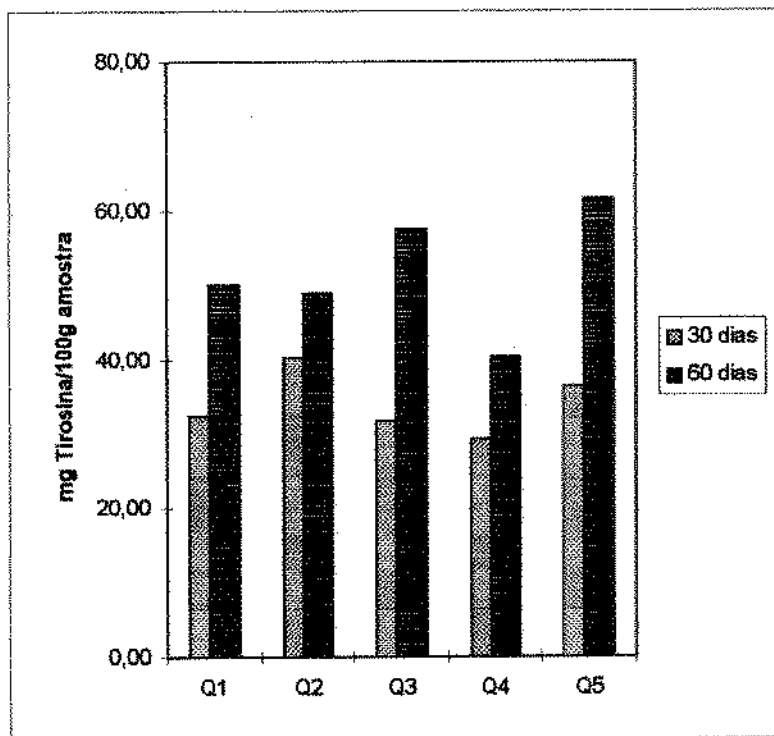
**TABELA 4.1.3** Valores médios de pH obtidos nos queijos em função do tempo de maturação, nos experimentos I e II.

Amostras	1 dia	Tempo 30 dias	60 dias
Q1P1	5,29	5,30	5,34
Q2P1	5,36	5,37	5,46
Q3P1	5,42	5,46	5,54
Q4P1	5,50	5,53	5,74
Q5P1	5,35	5,47	5,57
Q1P2	5,48	5,83	--
Q2P2	5,53	5,84	--
Q3P2	5,56	5,83	--
Q4P2	5,57	5,80	--
Q5P5	5,59	5,89	--

Onde: P1 refere-se ao processamento I e P2 ao processamento II.

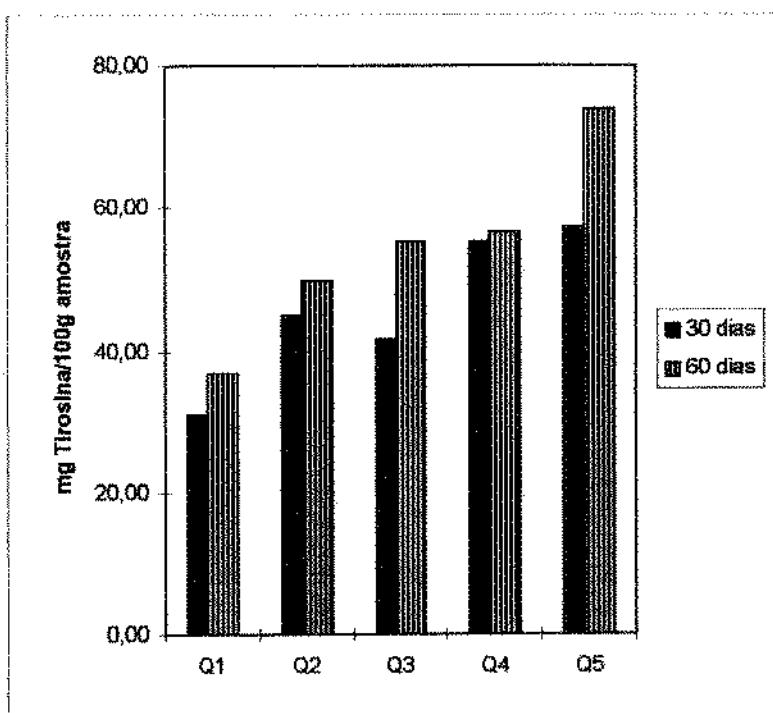
#### 4.1.5. ÍNDICES DE PROTEÓLISE NOS QUEIJOS

Os resultados obtidos nas determinações dos índices de proteólise, realizadas conforme descrito em 3.2.3.2, expressos como mg de tirosina por 100 g de amostra, obtidos aos 30 e 60 dias de maturação para os queijos produzidos no experimento I são apresentados na Figura 4.1.8 e, na Figura 4.1.9 para os queijos produzidos no experimento II.



Onde: Q1: queijo controle, Q2: queijo do retentado 1,5:1, Q3: queijo do retentado 2,5:1, Q4: queijo do retentado 3,5:1, Q5: queijo do retentado 5:1.

**FIGURA 4.1.8.** Resultados obtidos na determinação dos índices de proteólise aos 30 e 60 dias de maturação para os queijos produzidos no experimento I.



Onde: Q1: queijo controle, Q2: queijo do retentado 1,5:1, Q3: queijo do retentado 2,5:1, Q4: queijo do retentado 3,5:1, Q5: queijo do retentado 5:1.

**FIGURA 4.1.9.** Resultados obtidos na determinação dos índices de proteólise aos 30 e 60 dias de maturação para os queijos produzidos no experimento II.

A quantidade de tirosina liberada é proporcional à atividade proteolítica ocorrida no queijo (VAKALERIS & PRICE, 1959).

Através dos resultados obtidos no experimento I (Fig. 4.1.8) verifica-se, aos 30 dias de maturação variações pequenas entre os diferentes queijos e, aos 60 dias os índices foram maiores, que aos 30 dias, em todos os queijos. Esses resultados não permitem nenhuma conclusão quanto a influência do fator de concentração dos retentados na intensidade de proteólise ocorrida nos queijos obtidos nesse experimento.

No experimento II (Fig. 4.1.9), verifica-se que foram obtidos índices de proteólise mais elevados nos queijos produzidos a partir dos retentados que no queijo controle e, que para os queijos Q3 e Q5 ocorreu uma maior variação entre os valores obtidos aos 30 e 60 dias de maturação. Esses dados sugerem que ocorreu uma atividade proteolítica mais acentuada nos queijos produzidos a partir dos retentados que no queijo controle.

Os resultados obtidos nos experimentos iniciais, experimentos I e II, não mostraram grandes variações em termos de rendimento e de atividade proteolítica durante a maturação entre os queijos produzidos a partir de retentados com diferentes fatores de concentração volumétricos.

As características de textura dos queijos produzidos a partir dos retentados, exceto os produzidos a partir de retentados com fator de concentração volumétrico próximo a 1:1,5, foram diferentes do queijo Prato tradicional, indicando que a redução de pH aos níveis de 6,4-6,2 não é suficiente para promover a textura do queijo e que o processo de conversão dos retentados em queijos deveria ser redimensionado, considerando a fragilidade da rede de caseína obtida. Os resultados obtidos concordam com os obtidos por QVIST et alii (1987), os quais verificaram que a acidificação do leite antes da ultrafiltração não promoveu a qualidade do queijo.

Ao serem considerados todos os resultados obtidos nos testes preliminares, nos quais tentou-se obter retentados com composição semelhante à do queijo tipo prato, e os obtidos nos experimentos I e II, decidiu-se selecionar o fator de concentração volumétrico de 5:1 para os retentados e avaliar o efeito de algumas modificações.

Como a redução do pH de ultrafiltração do leite não foi suficiente para se obter a textura desejada de queijo tipo prato, resolveu-se testar as seguintes modificações no processo: realização ou não de diafiltração, utilização de misturas de retentados com retentados fermentados por bactérias lácticas, variação de tempo de mistura, de coagulação e de temperaturas de aquecimento do coágulo obtido, até definir-se o processo de fabricação descrito em 3.2.2.2.

## 4.2. FERMENTAÇÃO DOS RETENTADOS

Nesta fase avaliou-se a influência de três tipos de fermentos lácticos, utilizados para fermentação dos retentados, na qualidade final do queijo, conforme descrito em 3.2.2.2.

### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS RETENTADOS FERMENTADOS E DOS QUEIJOS

A composição química média do leite controle e dos retentados é apresentada na Tab. 4.2.1. Esses resultados mostram que a diafiltração reduziu o teor de lactose do concentrado final. Em experimentos preliminares constatou-se a necessidade de se reduzir o teor de lactose dos retentados e, dessa forma, evitar o aparecimento de defeitos de textura. Os queijos produzidos pelo processo descrito em 3.2.2.2, sem a etapa de diafiltração, exceto o queijo produzido a partir do retentado 1,5:1, não apresentaram a textura característica do queijo prato. O nível de diafiltração utilizado foi o recomendado por SUTHERLAND & JAMESON (1981) para fabricação de queijos tipo Cheddar a partir de retentados, e mostrou-se adequado.

Uma parte do retentado final, com fator de concentração volumétrico de 5,3:1, foi subdividida em 3 partes e cada parte foi inoculada com 10% de um dos inóculos: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, Probat, *Lactobacillus helveticus*. e fermentadas por 8 horas. Os valores de pH, acidez titulável e de organismos totais presentes em cada uma, ao final do processo de fermentação, são apresentados na Tabela 4.2.2.



**TABELA 4.2.1.** Composição química média do leite e retentados obtidos no experimento II.

AMOSTRA	pH	Acidez (%a.l.)	Gordura (%)	Proteína (%)	Sólidos Tot. (%)	Cinzas (%)	Lactose (%)
Leite	6,64	0,15	3,31	2,97	11,84	0,82	4,74
C <sub>i</sub>	6,60	0,25	14,10	11,88	32,24	1,51	4,75
C <sub>f</sub>	6,60	0,43	15,30	14,94	35,39	1,60	3,55

onde: C<sub>i</sub>= retentado antes da diafiltração, com fator de concentração volumétrico=3,3:1, C<sub>f</sub>= retentado final com fator de concentração volumétrico=5,3:1.

**TABELA 4.2.2.** Resultados obtidos na fermentação dos retentados<sup>1</sup>.

Inoculo	pH	A. Titulável (% ac. láctico)	u.f.c./ml
<i>Lact. lactis</i>	5,03	1,18	2,7 x 10 <sup>8</sup>
<i>L. helveticus</i>	4,88	1,47	---
PROBAT <sup>2</sup>	4,88	1,69	3,6 x 10 <sup>7</sup>

onde: <sup>1</sup>:fermentação dos retentados 5,3:1 por 8 horas à temperatura ambiente.

<sup>2</sup>:Probat= *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* + *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*.

Os dados obtidos, conforme apresentado na Tab. 4.2.2, indicaram uma forte atividade acidificante por parte das culturas PROBAT e *L. helveticus* nos retentados. O número de organismos viáveis presentes nos retentados fermentados indica que ocorreu um crescimento adequado das bactérias lácticas nesse meio fortemente tamponado, conforme os dados de acidez titulável apresentados na Tab. 4.2.1. Os resultados obtidos com relação aos valores finais de pH nos retentados discordam dos obtidos por MISTRY & KOSIKOWSKI (1985) no que se refere à resistência ao abaixamento de pH de retentados com altos fatores de concentração a valores menores que 5,2. Isso pode ser atribuído ao fato de ter-se adicionado um inóculo com quantidade suficiente de células viáveis, conforme sugerido por Jameson (1987).

Os retentados fermentados foram misturados com o restante do retentado na proporção de 10:90 e convertidos em queijo tipo prato, conforme descrito em 3.2.2.2.

Os resultados médios obtidos nas determinações físico-químicas realizadas nos queijos obtidos no experimento II, conforme descrito em 3.2.2.2, são apresentados na Tabela 4.2.3. Tais resultados mostram que os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram valores de pH maiores que o produzido a partir do leite controle, o que pode ser atribuído ao forte poder tamponante existente nos retentados. Esse fato é mais evidenciado quando se verifica que, a quantidade do mesmo fermento láctico adicionado ao leite controle (1%) foi bem menor que a adicionado aos retentados (10%), e o nível de sinérese foi maior no processo de obtenção do queijo controle do que nos queijos de retentado.

O queijo produzido a partir do retentado fermentado com *L. helveticus* apresentou menor valor de pH que os queijos produzidos a partir do retentado fermentado com as outras duas culturas, indicando sua maior atividade acidificante.

**TABELA 4.2.3.:** Composição físico-química média dos queijos obtidos no experimento III<sup>1</sup>.

Determinação	Queijo 1 (controle)	Queijo 2 (PROBAT)	Queijo 3 ( <i>Lact.lactis</i> )	Queijo 4 ( <i>L.helv.</i> )
pH	5,16	5,64	5,56	5,31
Acidez (% ác. lát.)	2,20	1,52	0,79	1,01
Gordura (%)	32,00	34,00	34,00	35,00
Cinzas (%)	3,82	3,56	3,82	3,81
N. Total (%)	3,46	3,74	3,54	3,58
N.N.P. (%)	0,41	0,43	0,45	0,44
N.N.C. (%)	0,37	0,77	0,71	0,75
P. Total (%)	22,08	23,89	22,62	22,84
Sal (%)	1,12	1,17	1,16	1,14
S. Totais (%)	59,65	63,45	62,56	62,93
Umidade (%)	40,35	36,55	37,44	37,61
G.E.S. (%)	53,65	53,59	54,35	55,62

<sup>1</sup>= realizadas após 01 dia de fabricação.

Os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram composição muito semelhante com relação aos teores de nitrogênio total, nitrogênio não protéico, nitrogênio não caséico, sólidos totais, cinzas, gordura e sal. Em relação ao queijo controle, exceto para nitrogênio não caséico e sólidos totais, os teores foram muito semelhantes. O maior teor de nitrogênio não caseico pode ser atribuído à presença da proteína do soro nos queijos produzidos a partir dos retentados.

Os valores de extrato seco e gordura no extrato seco, obtidos em todos os queijos, foram maiores que os apresentados por FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979) em relação a composição média do queijo prato, ou seja, 53 a 59,2% de extrato seco e 47,7 a 51,5% para gordura no extrato seco. E, da mesma forma, os teores de umidade dos queijos foram menores que os apresentados pelos autores, 40,8 a 47% de umidade. Esses resultados indicam que ocorreu maior intensidade de dessorções nesses queijos.

#### 4.2.2. VARIAÇÃO DE pH DURANTE A MATURAÇÃO DOS QUEIJOS

Os resultados obtidos nas determinações de pH aos 1, 30 e 40 dias de maturação, realizadas nos queijos obtidos no experimento II, conforme descrito em 3.2.2.2, são apresentados na Tabela 4.2.4.

**TABELA 4.2.4.** Resultados obtidos nas determinações de pH realizadas nos queijos aos 1, 30 e 40 dias de maturação.

Queijo	pH (1 dias)	pH (30 dias)	pH (40 dias)
Q1 (controle)	5,16	5,34	5,58
Q2 (PROBAT)	5,63	5,81	5,87
Q3 ( <i>Lact. lactis</i> )	5,56	5,73	5,77
Q4 ( <i>L. helv.</i> )	5,31	5,73	5,80

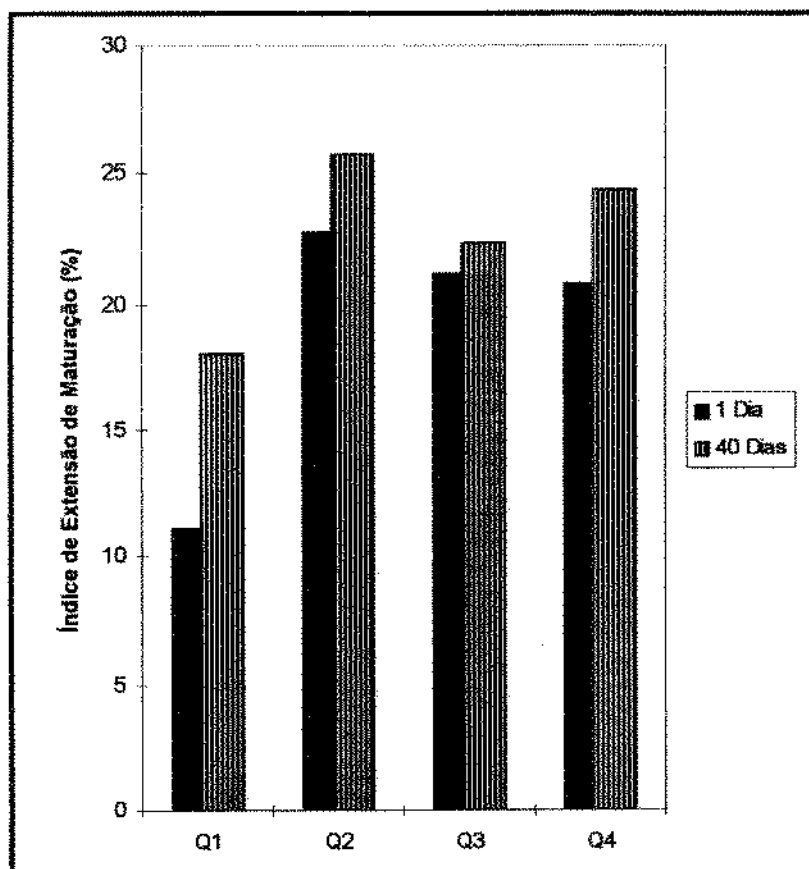
Os resultados apresentados na Tabela 4.2.4, indicam que ocorreu uma variação muito pequena de pH durante a maturação dos queijos produzidos a partir da mistura com retentados fermentados com *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e com PROBAT. Por outro lado que o queijo produzido a partir da mistura retentado mais retentado fermentado com *L. helveticus* apresentou uma variação ligeiramente maior de pH, (0,49) ao longo da maturação, quando comparado ao queijo controle (0,42), aproximando-se da variação citada por FARKEY & FOX (1990) para o pH do queijo Gouda, que aumenta de 5,35 para 5,95 durante a maturação.

#### 4.2.3. ÍNDICES DE MATURAÇÃO

Os resultados obtidos na determinação do índice de extensão de maturação, realizada conforme descrito em 3.2.4, nos queijos produzidos no experimento II são apresentados na Figura 4.2.1. Esse índice caracteriza-se pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis na fase aquosa dos queijos, produzidas a partir da degradação da caseína.

Os dados apresentados na Figura 4.2.1 mostram que ocorreu uma maior variação entre o 1º e o 40º dia de maturação no queijo controle, seguido pelo queijo 4 (Q4), produzido a partir da mistura de retentado com retentado fermentado com *L. helveticus* (90:10), e pelo queijo 2 (Q2), produzido a partir da mistura de retentado com retentado fermentado com PROBAT. O queijo, produzido a partir da mistura retentado com retentado fermentado com *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, (Q3) apresentou uma variação muito pequena. Esses resultados mostram que ocorreu uma maior atividade proteolítica no queijo controle que nos queijos produzidos a partir dos retentados de ultrafiltração. Pode-se observar, também, que os queijos produzidos a partir dos retentados de ultrafiltração

apresentaram valores mais elevados de índice de extensão de maturação no 1º dia, em relação ao queijo controle, o que pode ser atribuído a um maior nível de proteínas do soro nesses queijos.

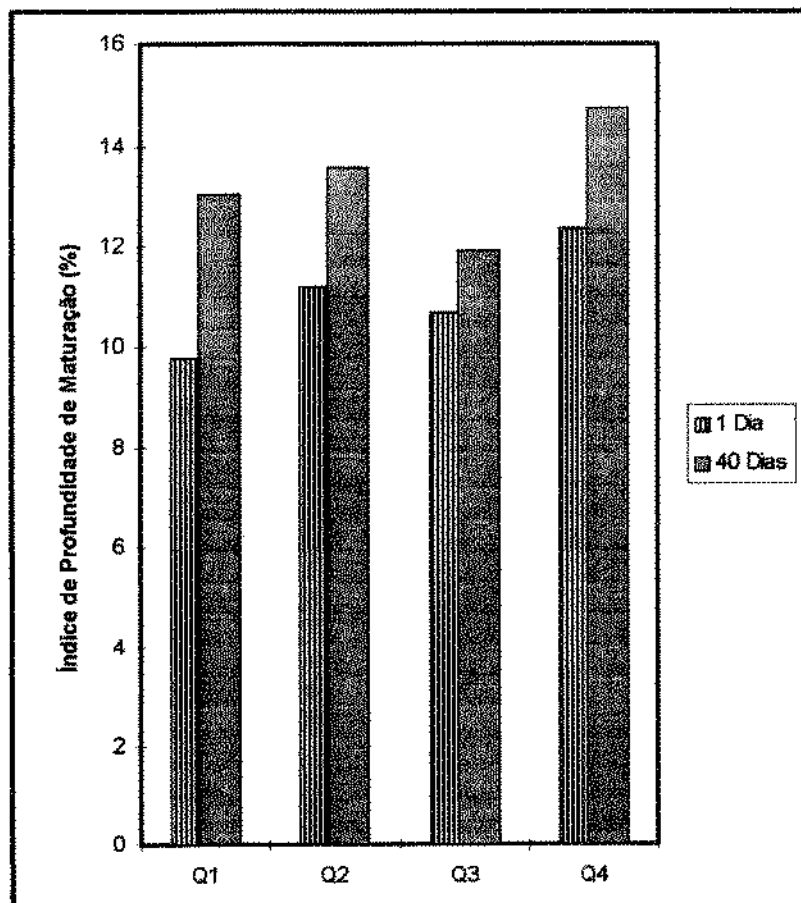


**FIGURA 4.2.1.** Índices de Extensão de Maturação obtidos no 1º e 40º dias de maturação nos queijos Q1(controle), Q2(PROBAT), Q3(*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) e Q4 (*Lactobacillus. helveticus*).

WOLFSCHOON-POMBO (1983) realizou a determinação do índice de extensão de maturação de alguns queijos brasileiros e obteve valores entre 5,1 e 8,2% para o queijo prato após 4 dias de maturação, e valores entre 11,9 e 14,0% após 35 dias, o que equivale a uma variação de 5,8 a 6,8% em 31 dias de maturação. Os valores obtidos nesse experimento, conforme mostra a Figura 4.2.1, aos 1 e 40 dias de maturação foram mais elevados, mas a variação durante o período de maturação somente foi maior que a observada pelo autor no queijo controle. Os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram valores de índices de maturação mais elevados, mas a variação durante o período de maturação foi menor que a observada no queijo controle, indicando que a maturação, nesses queijos, foi retardada, provavelmente, devido à presença de maior teor das proteínas do soro, conforme sugerido por GREEN et alii (1981), KONING et alii (1981), QVIST (1987) e CREAMER et alii.

Com o objetivo de verificar a formação de substâncias de baixo peso molecular, acumuladas durante o período de 40 dias de maturação devido, principalmente, à ação proteolítica das enzimas microbianas sobre os compostos nitrogenados oriundos da degradação da caseína, foi calculado o índice de profundidade de maturação conforme descrito em 3.2.4. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 4.2.2.

Conforme apresentado na Fig. 4.2.2, os dados obtidos mostram que ocorreu um aumento no índice de profundidade ao longo da maturação em todos os queijos, sendo que a maior variação foi observada no queijo controle, e, seguida pelo queijo Q4 (*L. helveticus*) e pelo queijo Q2 (PROBAT), indicando que ocorreu atividade de enzimas microbianas nos queijos produzidos a partir dos retentados, mas em um nível ligeiramente menor que no queijo controle.



**FIGURA 4.2.2.** Índices de Profundidade de Maturação obtidos no 1º e 40º dias de maturação nos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT), Q3 (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) e Q4 (*L. helveticus*).



Os resultados obtidos nos queijos produzidos a partir de retentados fermentados com os três tipos de fermentos lácticos indicaram que o fermento PROBAT e o de *L. helveticus* resultaram em queijos de qualidade aceitável. Através dos resultados obtidos desse experimento verificou-se que os fermentos mais adequados, entre os avaliados para a produção de queijos tipo prato a partir dos retentados de ultrafiltração, eram a mista PROBAT, tradicionalmente utilizada na fabricação desse tipo de queijo, e a de *L. helveticus*. Como os resultados obtidos nos queijos produzidos a partir da mistura retentado com retentado fermentado com *L. helveticus* indicaram que esse organismo promoveu a maturação dos queijos e, como os queijos produzidos com a cultura tradicionalmente utilizada na fabricação do queijo tipo prato apresentaram uma atividade não muito diferente da obtida com o *L. helveticus*, resolveu-se verificar a atividade das duas culturas juntas na fermentação dos retentados e na qualidade dos queijos resultantes. Após a realização de alguns testes, verificou-se que o mais adequado era a mistura das duas culturas na proporção de 1:1. Desse modo, o experimento final foi direcionado para a comparação dos queijos produzidos a partir da mistura de retentados fermentados com *L. helveticus* e PROBAT na proporção de 1:1, com os queijos produzidos a partir dos retentados fermentados com a cultura mista PROBAT e desses com o queijo controle.

Os resultados mostraram que é possível a produção de queijos tipo prato a partir de retentados com fator de concentração volumétrico de 5:1, diafiltrados, com qualidade adequada, desde que, utilize-se mistura de 10% desse retentado, previamente fermentado com culturas adequadas, com o restante do retentado (90%).

### **4.3. QUALIDADE DOS QUEIJOS TIPO PRATO PRODUZIDOS A PARTIR DE RETENTADOS DE ULTRAFILTRAÇÃO**

A partir dos resultados obtidos nos experimentos anteriores foi definido o processo de fabricação do queijo tipo Prato com retentados de ultrafiltração com fator de concentração volumétrico de 5:1. Para caracterizar a qualidade do queijo e a influência da utilização de misturas de retentados, com retentados fermentados com culturas lácticas mistas nas suas características organolépticas, foram realizados a análise sensorial nos queijos após 40 dias de maturação, utilizando uma equipe treinada e, um teste piloto de aceitabilidade dos queijos.

#### **4.3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MATÉRIA PRIMA**

Os resultados das análises físico-químicas do leite, retentado e permeado, realizadas conforme descrito em 3.2.3, são apresentados na Tabela 4.3.1.

Os dados obtidos nas determinações de pH e acidez titulável mostram o efeito tamponante do aumento da concentração protéica nos retentados, concordando com os resultados obtidos por BRULE et alii(1974) e CASIRAGHI et alii(1987).

Com relação aos teores de gordura e proteína observa-se que esses aumentaram proporcionalmente ao fator de concentração volumétrico, concordando com os resultados obtidos por vários autores (BEATON (1979), KOSIKOWSKI (1986), LANG & LANG (1976), MAUBOIS & MOCQUOT (1971)), que na ultrafiltração de leite, a fração protéica e a gordura são

retidas enquanto a lactose, sais minerais, nitrogênio não protéico e outros componentes menores são eliminados junto com a água no permeado.

**TABELA 4.3.1.** Composição química média<sup>1</sup> do leite, permeados e retentados.

AMOSTRA	Leite	C <sub>i</sub>	C <sub>f</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>f</sub>
pH	6,69	6,64	6,65	6,50	6,53
Acidez. (%a.l.)	0,17	0,21	0,34	0,06	0,05
Gordura (%)	3,35	14,30	16,50	0,00	0,00
Proteína (%)	3,06	10,33	12,37	0,33	0,27
N.N.P. (%)	0,035	0,039	0,037	0,033	0,037
Sólidos Tot. (%)	11,92	30,37	34,24	5,86	4,49
Cinzas (%)	0,70	1,38	1,47	0,43	0,33
Lactose (%)	4,81	4,36	3,90	5,10	3,89

onde: <sup>1</sup> = Valores médios de 3 repetições

C<sub>i</sub>= retentado antes da diafiltração, com fator de concentração volumétrico=1:3,3.

C<sub>f</sub>= retentado final com fator de concentração volumétrico=1:4,8.

P<sub>i</sub>= permeado antes da diafiltração.

P<sub>f</sub>= permeado final.

Como o cálcio está presente em duas formas: parcialmente ligado à proteína do leite e parcialmente em solução, durante o processo de ultrafiltração o cálcio ligado é retido pela membrana no concentrado, enquanto a forma livre passa através da membrana, de modo que uma concentração constante é mantida na fase aquosa do retentado (RENNER & EL-SALAM (1991)). Dessa forma, somente tratamentos que provoquem a solubilização do cálcio ligado à proteína, tais como acidificação e adição de NaCl, alteram a quantidade de cálcio retida, e somente tratamentos que alterem a fase aquosa do retentado, como a diafiltração, aumentarão a permeabilidade do cálcio livre. Através dos dados obtidos em relação ao teor de cinzas nos retentados (Tab. 4.3.1) observa-se que a diafiltração não alterou a quantidade de cinzas retida, essa foi proporcional ao fator de concentração.

A realização da etapa de diafiltração resultou na diluição da fase aquosa do retentado e, conseqüentemente, aumentou a permeação de lactose e diminuiu o nível de lactose no retentado, o que pode ser observado através dos dados obtidos em relação aos teores de lactose nos permeados e retentados antes da diafiltração e no final do processamento (Tab. 4.3.1). Segundo PATEL et alii (1986), a diafiltração é eficiente para remover lactose e não cálcio.

#### **4.3.2. FERMENTAÇÃO DOS RETENTADOS**

Conforme descrito em 3.2.2.3, uma parte do retentado final foi subdividida em 2 partes e cada uma foi inoculada da seguinte forma: primeira = 10% da cultura PROBAT (*L. lactis* + *L. diacetylactis* + *L. cremoris* + *Leuconostoc cremoris*), e a segunda: 5% PROBAT + 5% *Lactobacillus helveticus*, e foi fermentada por 8 horas. Os valores de pH e acidez titulável dos inóculos e do pH, da acidez titulável e do número de

organismos viáveis totais, presentes em cada um dos retentados ao final do processo de fermentação, são apresentados na Tabela 4.3.2.

Os dados obtidos nas determinações de pH e acidez titulável (Tab. 4.3.2) mostram que ambas as culturas acidificaram mais os inóculos, produzidos em leite desnatado esterilizado, que os retentados. Esse comportamento pode ser atribuído ao poder tamponante dos retentados, conforme citado por BRULE et alii (1974) e CASIRAGHI et alii (1987). Segundo BRULE et alii (1975), em função do efeito tampão das proteínas e minerais associados, a quantidade de ácido láctico necessária para atingir um pH definido em um retentado é maior que nos coágulos tradicionais.

**TABELA 4.3.2.** Resultados obtidos na fermentação dos retentados<sup>1</sup>.

Amostra	pH	A. Titulável (% ac. láctico)	u.f.c./ml
Inóculo <i>L. helveticus</i> + PROBAT <sup>2</sup> (1:1)	3,75	1,37	---
Inóculo PROBAT <sup>2</sup>	4,53	0,99	---
R. Fermentado <i>L.helv.</i> + PROB.	4,90	0,79	6,6 x 10 <sup>9</sup>
R. Fermentado PROBAT <sup>2</sup>	4,82	0,77	1,2 x 10 <sup>10</sup>

onde: <sup>1</sup>:fermentação dos retentados 4,8:1 por 8 horas a Temperatura ambiente.

<sup>2</sup>:Probat = *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* + *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*.

Entretanto, apesar da maior redução de pH nos inóculos, os retentados fermentados atingiram valores de pH menores que 5,0 em 8 horas de fermentação, discordando assim dos dados obtidos por MISTRY & KOSIKOWSKI (1985) os quais verificaram que, enquanto no leite controle o pH atingiu valor 4,6 após 6 horas de incubação, os retentados, em condições semelhantes, não atingiram esse pH mesmo após 8,5 horas de incubação. Os resultados também discordam das afirmações de RENNER & EL-SALAM (1991), que é difícil reduzir o pH de retentados com alto teor protéico (maior que 12,5%) e fermentado por bactérias mesófilas, mas que através do emprego de culturas de iogurte ou *L. helveticus* o pH pode ser reduzido a valores menores que 5,0, uma vez que a cultura PROBAT, constituída por organismos mesófilos atingiu valor de pH de 4,82 no retentado.

Em relação à fermentação dos retentados, os dados mostram que ocorreu uma maior acidificação no retentado fermentado com a cultura mista mesófila (PROBAT) que no fermentado com a mistura dessa cultura com a de *L. helveticus* (1:1), além disso o número de organismos viáveis também foi mais elevado. Portanto, houve uma pequena interferência de uma cultura na outra e, dessa forma a associação das duas resultou em menor pH e menor número de organismos viáveis, embora a diferença dos valores de pH e de número de organismos viáveis entre os dois retentados fermentados tenha sido pequena, conforme mostra a Tabela 4.3.2.

Os retentados fermentados foram misturados com os retentados na proporção de 10:90 para fabricação dos queijos conforme descrito em 4.3.2.

### 4.3.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS QUEIJOS

A composição química média dos queijos, produzidos conforme descrito em 3.2.3, é apresentada na Tabela 4.3.3.

De acordo com a legislação (RIISPOA, 1962) o queijo tipo prato deverá apresentar as seguintes características físico-químicas: no máximo 45% de umidade e no mínimo 40% lipídeos de leite p/p na base seca. Os dados obtidos com relação aos teores de umidade e de gordura no extrato seco, conforme mostra a Tab. 4.3.3, indicam que todos os queijos encontram-se dentro deste padrão.

Segundo FURTADO & LOURENÇO NETO (1994), a composição química média esperada de um queijo prato é de 42-44% de umidade, 26-29% de gordura e um teor de sal de 1,6-1,9%. Dessa forma, os dados obtidos em ambos os queijos, produzidos a partir dos retentados, com relação aos teores de umidade, gordura e sal diferem desses valores. Esse comportamento pode ser atribuído a uma dessora mais acentuada nos queijos produzidos a partir dos retentados, concordando com os resultados obtidos por CASIRAGHI et alii (1987) os quais verificaram que os coágulos de retentados tendem a expelir uma maior proporção de soro que aqueles obtidos a partir de leite, devido às diferenças nas estruturas da rede protéica.

Os queijos produzidos a partir do retentado apresentaram maiores teores de gordura, cinzas e sólidos totais que os queijos controles e valores mais altos de pH.

Os valores mais altos de pH, obtidos nessas condições, indicam que ocorreu uma menor produção de ácido nesses queijos e, ainda, que essa foi menor no queijo produzido a partir do retentado fermentado com a cultura mista de PROBAT e *L. helveticus*. Esse comportamento está em concordância com os resultados obtidos na fermentação dos retentados (Tab. 4.3.2).

**TABELA 4.3.3.** Composição físico-química média dos queijos<sup>1</sup>.

Determinação	Queijo 1 (controle)	Queijo 2 (PROBAT)	Queijo 3 (L.h.+PROB.)
pH	5,21	5,44	5,48
Acidez (% á. lát.)	0,79	0,67	0,64
Gordura (%)	29,00	33,00	33,50
Cinzas (%)	3,29	3,37	3,90
N. Total (%)	3,53	3,40	3,71
N.N.P. (%)	0,22	0,27	0,24
N.N.C. (%)	0,38	0,42	0,51
P. Total (%)	22,52	21,69	23,67
Sal (%)	1,37	1,21	1,12
S. Totais (%)	56,28	59,28	62,00
Umidade (%)	43,72	40,72	38,00
G.E.S. (%)	51,50	55,67	54,03

<sup>1</sup>= após 01 dia de fabricação.

Os dados obtidos na determinação do teor de cinzas, conforme mostra a Tab. 4.3.3, nos queijos produzidos a partir dos retentados foram semelhantes aos obtidos para o queijo controle. Para produção de queijos a partir de retentados, o nível de minerais presentes nos mesmos precisa ser reduzido, uma vez que os minerais são concentrados juntamente com as proteínas nos retentados, para evitar defeitos de textura. Esses resultados indicam que a fermentação dos retentados com 10% de cultura láctica e posterior mistura (10:90) com o mesmo retentado não fermentado garantiu a adaptação da cultura no meio rico em proteínas (retentado) e, conseqüentemente, um nível de desmineralização dos retentados, através de acidificação, suficiente para reduzir a quantidade de cálcio no queijo e evitar defeitos de textura. O cálcio solubilizado durante a acidificação do retentado pode ser eliminado na etapa de dessora dos coágulos.

O maior teor de gordura no extrato seco apresentado pelos queijos produzidos a partir dos retentados garantiu a plasticidade e a maciez esperada nesse tipo de queijo.

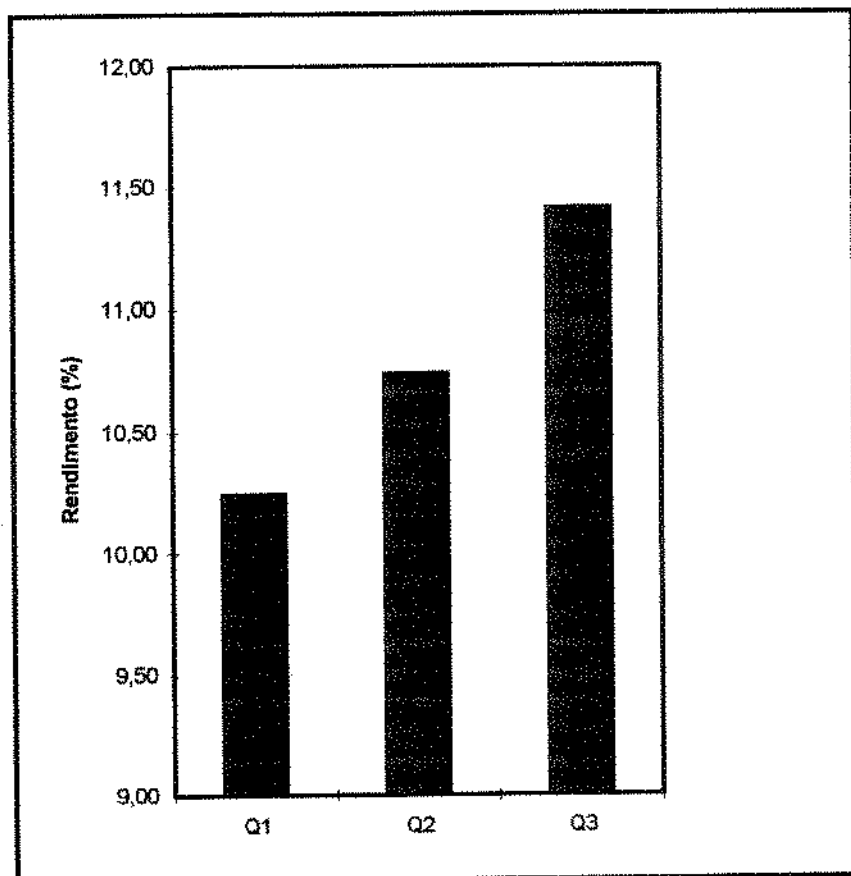


#### 4.3.4. RENDIMENTO E COEFICIENTES DE TRANSIÇÃO

Os resultados obtidos quanto aos rendimentos dos queijos, calculados com base na relação peso final de queijos por peso inicial de leite, conforme descrito em 3.2.6, são apresentados na Figura 4.3.1.

O queijo controle apresentou um rendimento de 10,25% e os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram valores superiores ao queijo controle. Os valores obtidos para todos os queijos são superiores ao valor de 1 kg de queijo por 9,5 litros de leite, citado por FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979) como sendo o valor médio de rendimento na fabricação de queijo tipo prato. O teor de umidade dos queijos foi fixado em 43,72% ( teor de umidade do queijo controle) para realização dos cálculos de rendimento, esse valor de umidade é característico do queijo tipo prato, conforme citado por FURTADO & LOURENÇO NETO (1994).

O aumento de rendimento nos queijos produzidos a partir dos retentados, conforme apresentado na Figura 4.3.1, foi de 4,8% em Q2 e 11,4% em Q3, em relação ao queijo controle. As diferenças entre os dois queijos podem ser atribuídas ao processo de conversão dos retentados em queijos. Os dados obtidos mostram a viabilidade do processo, mas também a necessidade de se utilizar equipamentos especialmente concebidos para o tratamento dos coágulos obtidos a partir da coagulação dos retentados, concordando com as citações de IYER & LELIEVRE (1987) de que a utilização de equipamentos adequados, para tratamento do coágulo obtido a partir do retentado, reduziria as perdas de finos de caseína e gordura. O aumento obtido em Q3 é superior a 8%, que segundo LAWRENCE (1989) é o valor mínimo de aumento de rendimento necessário para tornar viável a utilização de ultrafiltração para produção de queijos.



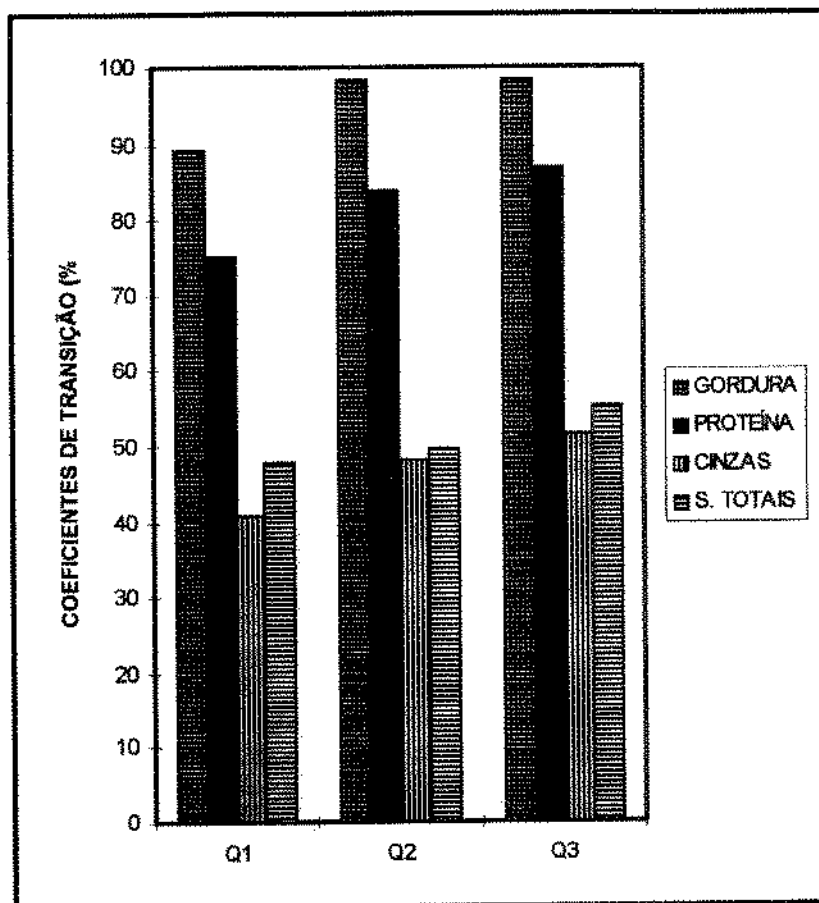
**FIGURA 4.3.1.** Rendimento dos queijos: Q1 (controle), Q2 (PROBAT), Q3 (*L. helv.* + PROBAT), com base em 43,72% de umidade.

As cifras de transição dos componentes do leite para os queijos, obtidas conforme descrito em 3.2.6, são apresentadas na Figura 4.3.2. Esses dados indicam que ocorreu uma maior transição de todos os componentes nos queijos obtidos a partir do retentado que no queijo controle, em concordância com os dados obtidos de rendimento (Fig. 4.3.1).

A maior transição de gordura e proteínas observada nos queijos produzidos a partir dos retentados resultou em um maior rendimento. O queijo Q3 apresentou um maior rendimento que o queijo Q2 (Fig. 4.3.1) e isso pode ser atribuído ao fato de ter ocorrido uma maior transição de gordura e, principalmente, proteínas conforme apresentado na Fig. 4.3.2. A maior transição desses componentes foi devida a uma menor perda dos mesmos no soro, concordando com as citações de FURTADO & WOLFSCHOON POMBO (1979), que o aumento de rendimento dos queijos é devido a um maior teor de proteínas em função de sua capacidade de aprisionar os demais componentes em sua rede.

Os dados obtidos em relação às cifras de transição de gordura, cinzas e sólidos totais no queijo controle foram superiores aos encontrados por FURTADO & WOLFCHOON POMBO (1979) na fabricação tradicional de queijo tipo prato, entretanto, a cifra de transição de proteínas foi inferior. Com relação às cifras de transição obtidas em ambos os queijos produzidos a partir do retentado, para todos os componentes avaliados obteve-se valores superiores aos obtidos pelos autores.

Os valores obtidos em relação às cifras de transição e rendimento dos queijos produzidos a partir dos retentados mostram a importância de se garantir a formação adequada da rede de caseína durante a coagulação e de se manusear adequadamente os coágulos obtidos, de forma a minimizar as perdas de constituintes no soro e aumentar o rendimento.



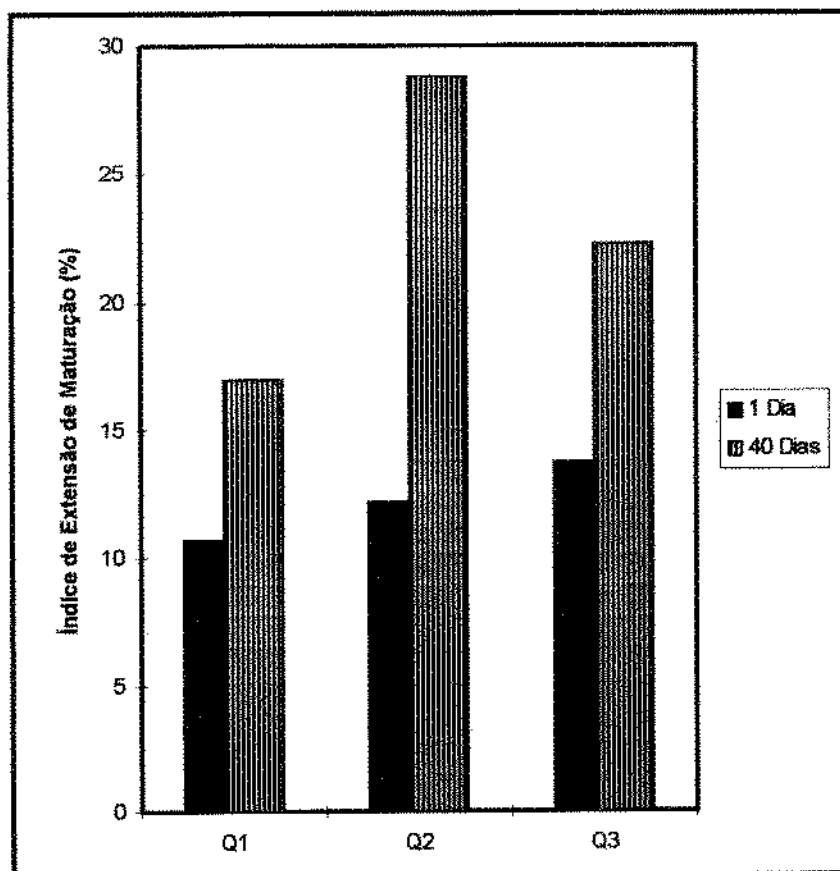
**FIGURA 4.3.2.** Coeficientes de Transição obtidos nos queijos: Q1 (controle), Q2 (PROBAT), Q3 (PROBAT + *L. helv.*).

#### 4.3.5. ÍNDICES DE MATURAÇÃO

Os resultados obtidos na determinação do índice de extensão de maturação nos queijos, realizada conforme descrito em 3.2.4, são apresentadas na Figura 4.3.3. Esses resultados mostram que os queijos produzidos a partir do retentado apresentaram maior variação do índice de extensão de maturação entre o 1º e 40º dia de maturação que o queijo controle. Esses resultados indicam que ocorreu uma maior degradação de caseína nos queijos produzidos a partir dos retentados, concordando com os dados obtidos por OMAR (1987) e EL-ZAYAT & OMAR (1987).

No primeiro dia de maturação, os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram um índice de extensão de maturação mais alto que os queijos controles, principalmente o queijo Q3, o que pode ser atribuído à presença das proteínas do soro nestes queijos.

Os valores obtidos de índice de maturação, tanto no primeiro como no quadragésimo dia de maturação, foram mais elevados que os obtidos por WOLFSCHOON POMBO (1983), na determinação do índice de maturação de queijo prato, ou seja, valores entre 5,1% e 8,2% para o queijo prato após 4 dias de maturação e valores entre 11,9 e 14,0% após 35 dias de maturação. Esses resultados indicam que, nas condições de processo utilizadas, os queijos produzidos a partir dos retentados apresentaram índices de maturação mais elevados que os respectivos controles e, portanto, não ocorreu inibição de atividade das enzimas responsáveis pela degradação da caseína pelas proteínas do soro, na proporção de proteínas do soro presentes nesses queijos.



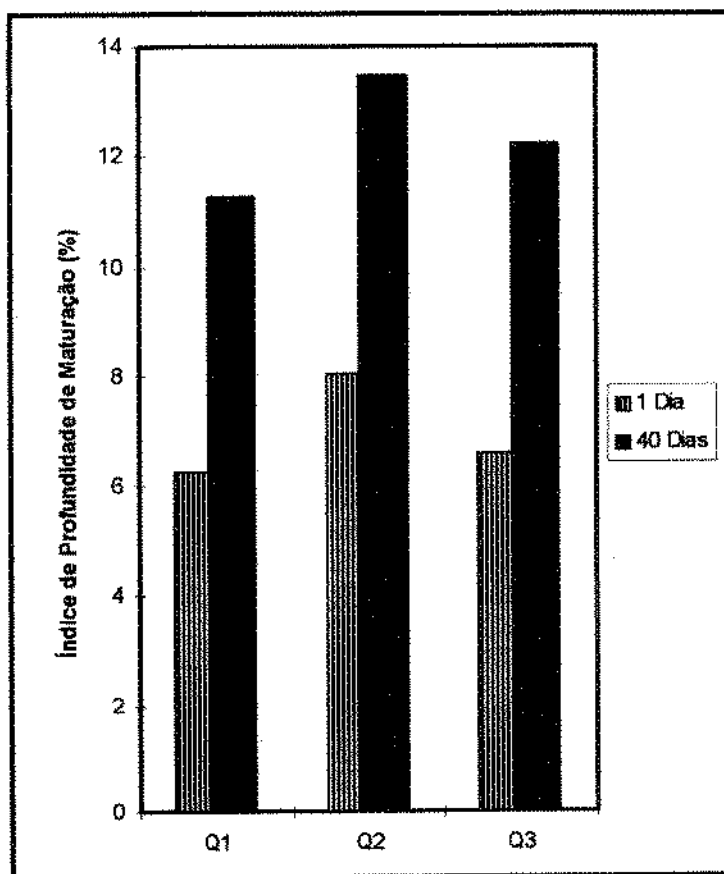
**FIGURA 4.3.3.** Índices de maturação obtidos nos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT) e Q3 (PROBAT + *L. helv.*).

Os índices de profundidade de maturação obtidos nos queijos aos 1º e 40º dias de maturação são apresentados na Figura 4.3.4.

O índice de profundidade de maturação correlaciona-se com a quantidade de substâncias de baixo peso molecular liberadas, principalmente pela ação das enzimas proteolíticas do fermento sobre os compostos nitrogenados provenientes da degradação da caseína. Os dados obtidos mostram que ocorreu uma atividade maior das enzimas proteolíticas nos queijos produzidos a partir do retentado que no queijo controle, durante o período de maturação de 40 dias.

As variações obtidas nos índices de profundidade de maturação, entre o 1º e o 40º dia de maturação, foram de 5,04% para o queijo Q1, 5,45% para o queijo Q2 e 5,67% para o queijo Q3. Esses resultados mostram que, além de ter ocorrido uma maior intensidade de maturação nos queijos produzidos a partir dos retentados em relação aos queijos controles, os queijos produzidos a partir do retentado fermentado com a cultura mista de PROBAT + *L. helveticus* apresentaram uma proteólise mais intensa. Essa maior proteólise, observada no queijo Q3, pode ser atribuída à presença do *L. helveticus* no fermento, uma vez que essa bactéria possui uma maior atividade de aminopeptidase que as bactérias mesófilas da cultura PROBAT, concordando com os resultados obtidos por HICKEY, HILLIER & JAGO (1983).

Os resultados obtidos nos índices de profundidade e de extensão de maturação mostram que ocorreu uma maturação mais acentuada nos queijos produzidos a partir do retentado que no queijo controle, portanto concordam com os obtidos por OMAR (1987) na fabricação de queijo tipo Domiati e por EL-ZAYAT & OMAR (1987) na fabricação de queijo tipo Kareish, e discordam de vários autores ( GREEN et alii (1981), KONING et alii (1981), QVIST (1987)) que obtiveram uma intensidade de maturação menor nos queijos produzidos a partir de retentados.



**FIGURA 4.3.4.** Índices de Profundidade de Maturação obtidos nos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT) e Q3 (PROBAT + *L. helveticus*).



O queijo Q3 apresentou um índice de profundidade de maturação maior que o queijo Q2 e um índice de maturação menor que o queijo Q2 (Figs. 4.3.3 e 4.3.4). Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que a produção de compostos de baixo peso molecular, a partir dos peptídeos liberados por degradação da caseína, depende da presença de enzimas com atividade aminopeptidase no fermento. O índice de maturação mede a intensidade de degradação da caseína a peptídeos e o índice de profundidade a degradação desses peptídeos a substâncias de baixo peso molecular. O queijo Q3 foi produzido a partir do retentado fermentado com *L. helveticus*, o qual apresenta uma maior atividade proteinase que as bactérias mesófilas, presentes no fermento PROBAT, conforme citado por HICKEY, HILLIER & JAGO (1983).

## **4.3.6. ANÁLISE SENSORIAL**

### **4.3.6.1. ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA**

Os resultados obtidos na análise sensorial, realizada conforme descrito em 3.2.7.1, com uma equipe treinada, foram inicialmente avaliados através de análise de variância (ANOVA) para verificar se havia ocorrido interação entre provadores e tratamentos.

A análise de variância indicou a existência de interação entre os provadores e as amostras na avaliação dos seguintes atributos: sabor de curado, gosto ácido, gosto doce, plasticidade e adesividade. Essa interação indica que pelo menos um provador está avaliando as amostras de forma diferente do restante da equipe. Para identificar qual ou quais provadores estavam provocando essas interações, as notas de cada provador, em função das amostras, foram grafadas e comparadas. Os gráficos obtidos foram avaliados e quando ocorreu uma interação considerada grave, ou seja, um provador avaliou as amostras de forma inconsistente com o restante da equipe, os resultados fornecidos por esse provador foram retirados e realizou-se uma nova análise de variância para verificar se ainda existia alguma interação. Como a análise de variância não indicou mais nenhuma interação, realizou-se, então, o tratamento dos dados obtidos, conforme descrito em 3.2.7.1.

A apresentação dos resultados foi subdividida em 3 partes: atributos de aroma, de sabor e de textura e aparência, conforme utilizado na análise do componente principal.

#### 4.3.6.1.1. AROMA DOS QUEIJOS

Os resultados obtidos na análise do componente principal, realizada nas 3 amostras de queijo, com relação aos atributos: aroma característico, aroma de fermentado, aroma de curado e aroma de manteiga, são apresentados na Figura 4.3.5. Essa figura mostra uma análise do componente principal (ACP) para as 3 amostras de queijo com 3 repetições. O primeiro componente principal, eixo x, explica 71,4% da variabilidade entre as amostras. Os dois primeiros componentes principais juntos explicam 90,7% da variação entre as amostras.

Os atributos sensoriais são representados como vetores. Os vetores que apresentam um menor ângulo com um dado componente principal (eixo) e que, ao serem decompostos naquele componente principal, apresentam-se como um vetor longo, explicam a variabilidade mostrada naquele componente principal. Dessa forma, na Figura 4.3.5 os 71,4% da variabilidade entre as amostras, explicada no primeiro componente principal, é devida, principalmente, ao fato das amostras variarem com relação aos atributos: aroma característico, aroma de curado e aroma de fermentado. A variabilidade explicada no segundo componente principal é devida principalmente à variação entre as amostras, com relação ao atributo aroma de manteiga.

A posição dos vetores na Figura 4.3.5 sugere a existência de uma correlação positiva entre os aromas característico e curado, e uma correlação negativa de ambos com o aroma de fermentado.

As amostras Q2 e Q3, produzidas a partir do retentado, estão próximas entre si e distantes da amostra Q1 (queijo controle), sugerindo que as amostras de queijo produzidas a partir do retentado são similares entre si e diferentes do queijo controle.

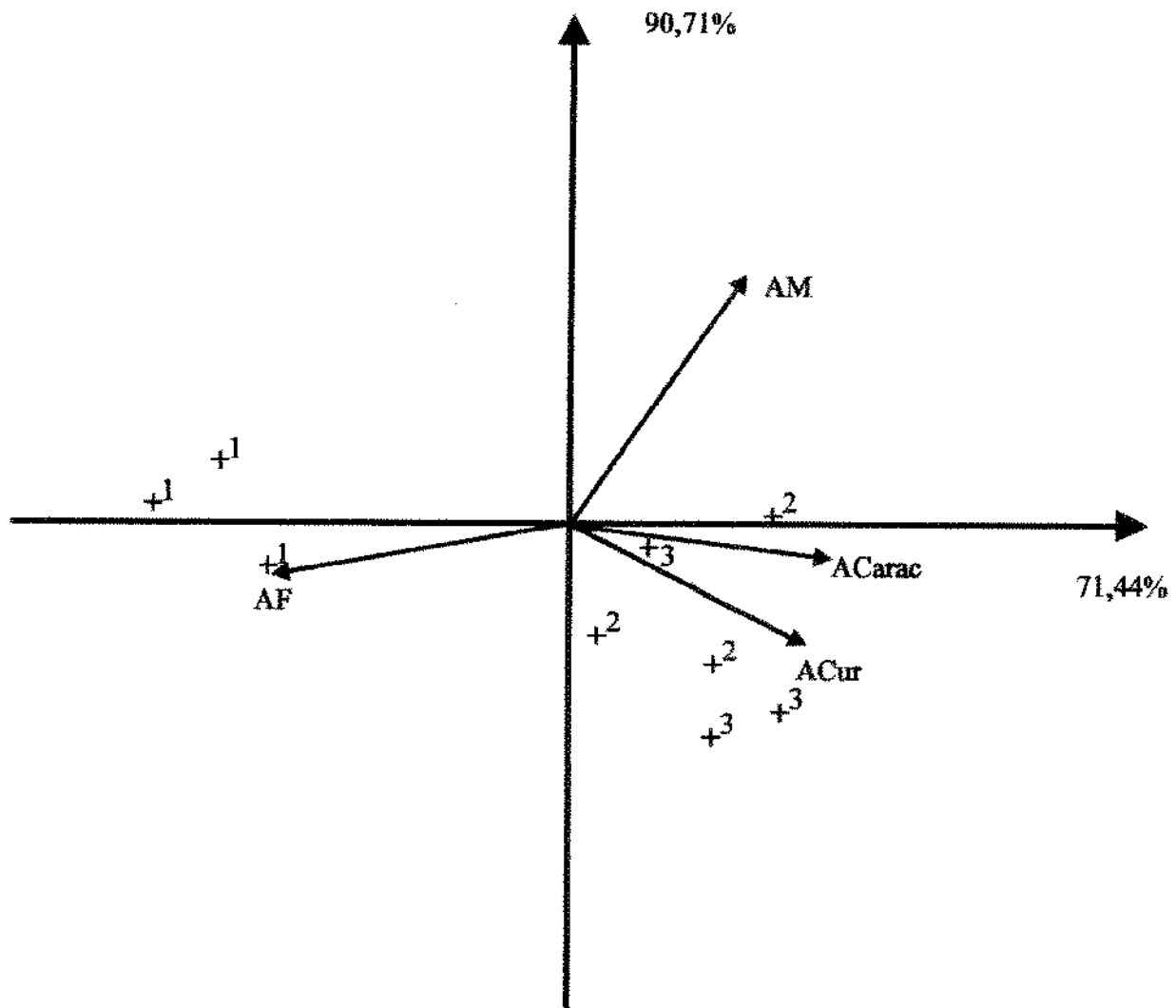


FIGURA 4.3.5. Representação gráfica da análise do componente principal do aroma dos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT) e Q3 (PROBAT + *L. helveticus*). Os atributos de aroma são representados como vetores: Aroma Característico (A Carac), Aroma de Curado (A Cur), Aroma de Manteiga (AM) e Aroma de Fermentado (AF), e as amostras de queijo como pontos: Q1 (1), Q2 (2) e Q3 (3).

A amostra Q1 (queijo controle) parece ser melhor caracterizada pelo aroma de fermentado e as amostras Q2 e Q3 (queijos produzidos a partir do retentado), parecem ser melhor caracterizadas pelos aromas característico e de curado.

As repetições de cada amostra não apresentam dados contrastantes, ou seja, as repetições situam-se próximas dos mesmos vetores.

Os resultados apresentados na Figura 4.3.5 sugerem que os queijos produzidos a partir do retentado (Q2 e Q3) são similares entre si com relação aos atributos aroma característico e aroma de curado, e que são diferentes do controle com relação a estes atributos, e, ainda, que apresentam valores mais elevados desses atributos e menores do atributo aroma de fermentado que o queijo controle.

Para confirmar os resultados sugeridos pela análise do componente principal, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e o teste de médias de Tukey. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.3.4. Esses resultados mostram que os queijos Q2 e Q3 apresentaram valores médios mais elevados nos atributos aroma característico e aroma de curado e, além disso, que as amostras são diferentes do queijo controle com relação a esses atributos.

O queijo controle apresentou valor médio mais elevado para o aroma de fermentado, enquanto que as amostras Q2 e Q3, produzidas a partir dos retentados, apresentaram valores menores.

Esses resultados confirmam a sugestão da análise do componente principal de que existiria uma correlação negativa entre os atributos aroma característico e de curado com o aroma de fermentado. Confirmam, também, a sugestão de que o queijo controle seria melhor caracterizado pelo aroma de fermentado e os queijos produzidos a partir do retentado pelos aromas característico e de curado.

Os dados apresentados na Tabela 4.3.4 indicam que existe uma diferença não significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras com relação ao aroma de manteiga. Os valores médios obtidos para esse atributo foram no máximo de 3,17, indicando a presença do aroma em todas, mas não de forma a sobrepor os demais. O aroma de manteiga está relacionado com a presença de diacetil.

**TABELA 4.3.4.** Resultados obtidos na Análise Sensorial dos atributos de aroma nos queijos.

Atributo	Queijo 1	Queijo 2	Queijo 3	F <sup>1</sup>	M.D.S. <sup>2</sup>
Aroma					
Característico	2,99 <sup>b</sup>	5,67 <sup>a</sup>	6,20 <sup>a</sup>	33,97	1,0065
Aroma de					
Fermentado	5,04 <sup>a</sup>	1,66 <sup>b</sup>	2,24 <sup>b</sup>	31,06	1,1064
Aroma de Curado	2,61 <sup>b</sup>	3,821 <sup>a</sup>	4,27 <sup>a</sup>	7,67	1,0571
Aroma de					
Manteiga	2,54 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>	1,10	1,1494

onde: Médias com nenhuma letra em comum diferem estatisticamente a  $p \leq 0,05$

<sup>1</sup>: Valor F extraído da ANOVA.

<sup>2</sup>: Mínima diferença para estabelecer diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos.

Os resultados obtidos na análise sensorial com relação ao aroma mostram que os queijos produzidos a partir do retentado apresentaram o aroma característico de um queijo tipo prato.

#### 4.3.6.1.2. SABOR DOS QUEIJOS

Os resultados obtidos na análise do componente principal, realizada nas 3 amostras de queijo, com relação aos atributos: sabor característico, sabor de curado, sabor de manteiga, gosto amargo, gosto ácido e gosto doce, são apresentados na Figura 4.3.6.

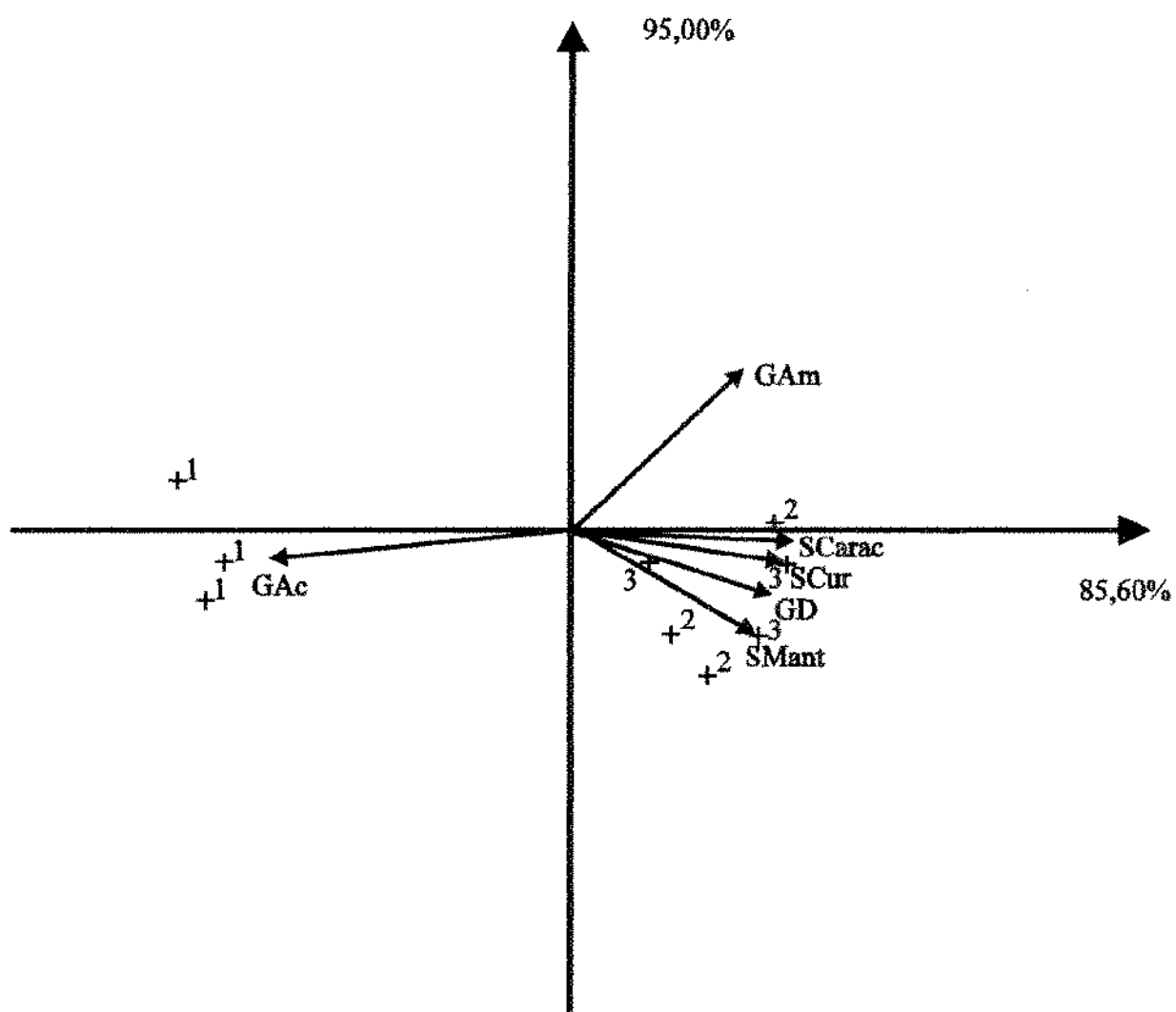
A Figura 4.3.6 mostra uma análise do componente principal (ACP) para as 3 amostras de queijo, com 3 repetições. O primeiro componente principal, eixo x, explica 85,6% da variabilidade entre as amostras. Os dois primeiros componentes principais juntos explicam 95,0% da variação entre as amostras.

A variabilidade de 85,6% entre as amostras, explicada no primeiro componente principal, é devida, principalmente, ao fato das amostras variarem com relação aos atributos: sabor característico, sabor de curado, gosto doce e gosto ácido. A variabilidade explicada no segundo componente principal parece ser devida, principalmente, à variação entre as amostras com relação ao atributo gosto amargo.

A posição dos vetores na Figura 4.3.6 sugere a existência de uma correlação positiva entre o sabor característico, sabor de curado, gosto doce e sabor de manteiga e uma correlação negativa de todos esses atributos com gosto ácido.

As amostras dos queijos 2 e 3 estão próximas e distintas da amostra de queijo controle, sugerindo que essas amostras são similares entre si e diferentes da amostra de queijo controle.

Para todas as amostras obteve-se uma boa reprodutibilidade entre as repetições, que pode ser verificada pela proximidade dos pontos na Figura 4.3.6.



**FIGURA 4.3.6.** Representação gráfica da análise do componente principal do sabor dos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT) e Q3 (PROBAT + *L. helveticus*). Os atributos de sabor são representados como vetores: Sabor Característico (SCarac), Sabor de Curado (SCur), Sabor de Manteiga (SMant), Gosto Ácido (GAc), Gosto Doce (GD) e Gosto Amargo (GAm), e as amostras de queijo como pontos: Q1 (1), Q2 (2) e Q3 (3).



A amostra Q1 (queijo controle) parece ser melhor caracterizada pelo gosto ácido e as amostras de queijo Q2 e Q3 pelos sabores característico, de curado, de manteiga e pelo gosto doce.

Os resultados apresentados na Figura 4.3.6 sugerem que os queijos produzidos a partir dos retentados (Q2 e Q3) são similares entre si com relação aos sabores característico, de curado, de manteiga e gosto doce, que são diferentes do controle nesses atributos e que esses queijos apresentaram valores mais elevados desses atributos e menores de gosto ácido.

Para confirmar os resultados sugeridos pela análise do componente principal foi realizada a ANOVA e em seguida o teste de médias de Tukey. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.3.5. Esses resultados mostram que os queijos 2 e 3 apresentaram valores médios mais elevados com relação aos atributos: sabor característico, sabor de curado, sabor de manteiga e gosto doce, e mostraram a existência de diferença não significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre elas.

A amostra de queijo controle (Q1) apresentou valor mais elevado com relação ao atributo gosto ácido e diferiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) das amostras de queijo produzidas a partir do retentado (Q2 e Q3) com relação a todos os atributos de sabor avaliados, exceto gosto amargo.

Os dados obtidos e apresentados na Tabela 4.3.6 mostram a existência de diferença não significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as 3 amostras com relação ao atributo gosto amargo, e todas elas apresentaram valores médios bem baixos, indicando que os queijos praticamente não apresentam gosto amargo.

Esses resultados confirmam as sugestões da análise do componente principal, pelas quais as amostras Q2 e Q3 seriam caracterizadas pelos sabores característico, de curado, de manteiga e gosto doce, e o queijo controle pelo gosto ácido. Confirmam também a sugestão da análise do componente principal de que existiria uma correlação negativa entre o

atributo gosto ácido e os atributos sabor característico, sabor de curado, sabor de manteiga e gosto doce, pois a amostra que apresentou valor médio mais elevado desse atributo (gosto ácido-queijo controle) apresentou valores médios menores dos outros atributos.

**TABELA 4.3.5.** Resultados obtidos na Análise Sensorial dos atributos de sabor nos queijos.

Atributo	Queijo 1	Queijo 2	Queijo 3	F <sup>1</sup>	M.D.S. <sup>2</sup>
Sabor					
Característico	1,24 <sup>b</sup>	5,32 <sup>a</sup>	4,99 <sup>a</sup>	72,15	0,9083
Sabor de					
Manteiga	2,53 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	4,59 <sup>a</sup>	12,74	1,0158
Sabor de					
Curado	1,69 <sup>b</sup>	3,90 <sup>a</sup>	4,19 <sup>a</sup>	41,13	0,7298
Gosto Ácido	7,32 <sup>a</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>	64,72	0,4741
Gosto Doce	0,76 <sup>b</sup>	3,00 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	55,52	0,6425
Gosto Amargo	1,63 <sup>a</sup>	2,01 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>	0,70	0,9295

onde: Médias com nenhuma letra em comum diferem estatisticamente a  $p \leq 0,05$

<sup>1</sup>: Valor F extraído da ANOVA.

<sup>2</sup>: Mínima diferença para estabelecer diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos.

Os resultados obtidos mostram que os queijos produzidos a partir do retentado apresentaram sabor característico de um queijo tipo prato, ausência de sabor amargo e obtiveram valores mais elevados que o queijo controle. Mostram, ainda, que as amostras de queijo produzidas a partir do retentado são semelhantes.

#### 4.3.6.1.3. APARÊNCIA E TEXTURA

Os resultados obtidos na análise do componente principal, realizada nas 3 amostras de queijo, com relação aos atributos: maciez, plasticidade, adesividade, cor característica, brilho e uniformidade, são apresentados na Figura 4.3.7.

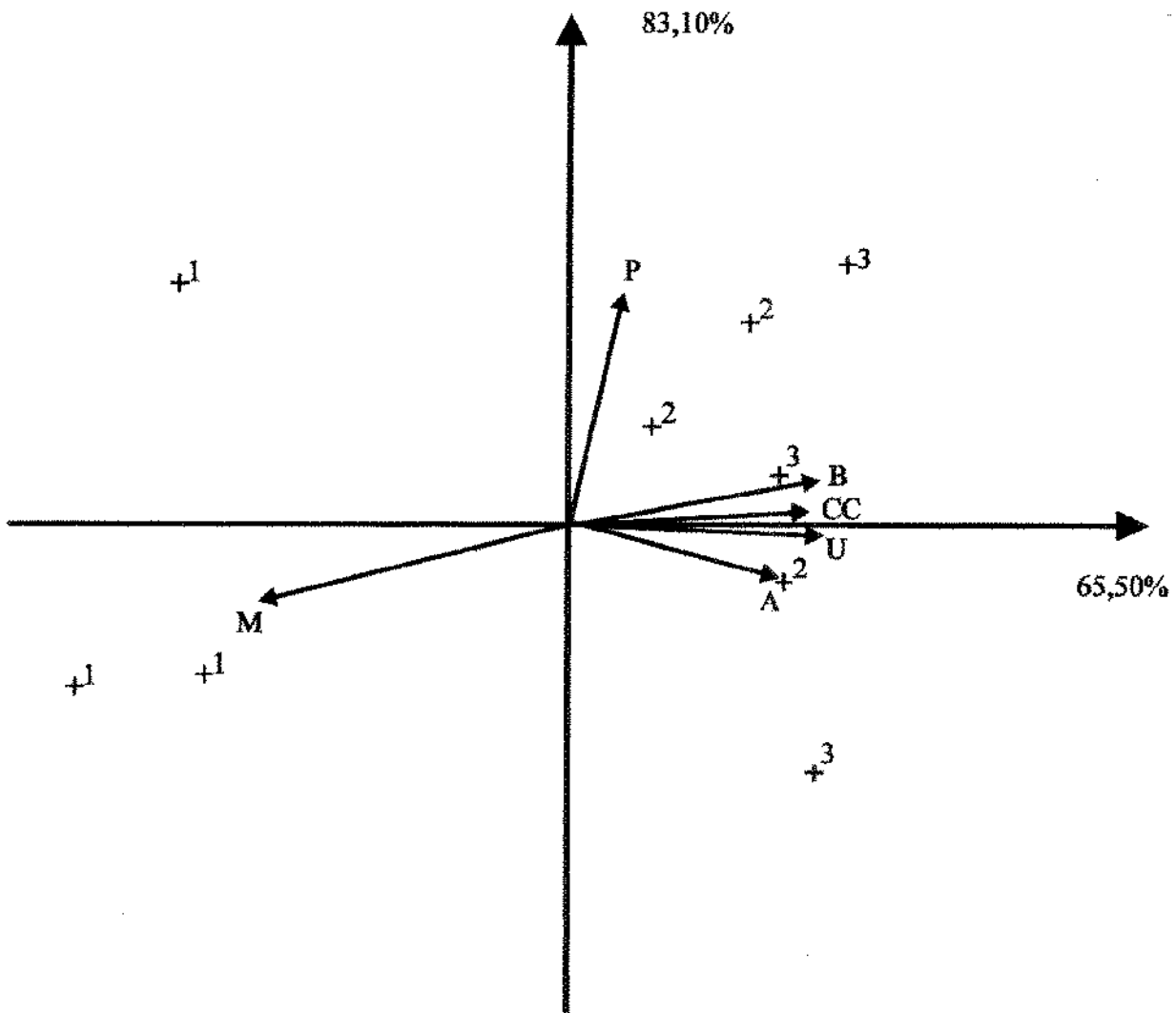
Essa figura mostra uma análise do componente principal (ACP) para as 3 amostras de queijo, com 3 repetições. O primeiro componente principal, eixo x, explica 65,5% da variabilidade entre as amostras. Os dois primeiros componentes principais juntos explicam 83,1% da variação entre as amostras.

A variabilidade de 65,5% entre as amostras é devida, principalmente, ao fato das amostras variarem com relação aos atributos: cor característica, brilho, uniformidade, adesividade e maciez. A variabilidade explicada no segundo componente principal parece ser devida, principalmente, à variação entre as amostras com relação ao atributo plasticidade.

A posição dos vetores na Figura 4.3.7 sugere a existência de correlações positivas entre cor característica, brilho, uniformidade, adesividade, e de outra entre plasticidade e maciez. É também sugerida a existência de uma correlação negativa entre os atributos: cor característica, brilho, uniformidade e adesividade e o atributo maciez.

As amostras dos queijos 2 e 3, produzidas a partir do retentado, estão próximas e distintas da amostra de queijo controle, sugerindo que serem similares entre si com relação a maioria dos atributos de aparência e textura avaliados, e diferentes da amostra de queijo controle.

As repetições de todas as amostras parecem estar homogeneamente distribuídas, sugerindo uma boa reprodutibilidade.



**FIGURA 4.3.7.** Representação gráfica da análise do componente principal de aparência e textura dos queijos Q1 (controle), Q2 (PROBAT) e Q3 (PROBAT + *L. helveticus*).

Os atributos de aparência e textura são representados como vetores: Adesividade (A), Uniformidade (U), Brilho (B), Cor Característica (CC), Maciez (M) e Plasticidade (P) e as amostras de queijo como pontos Q1 (1), Q2 (2) e Q3 (3).

A amostra Q1 (queijo controle) parece ser melhor caracterizada pelo atributo maciez, a amostra de queijo Q2 pelos atributos: brilho, cor característica, uniformidade, plasticidade e adesividade, e a amostra de queijo Q3 parece ser melhor caracterizada pelos atributos: brilho, cor característica e adesividade.

Para confirmar os resultados sugeridos pela análise do componente principal foi realizada a ANOVA e em seguida o teste de médias de Tukey. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.3.6. Esses resultados mostram que os queijos 2 e 3 apresentaram valores médios mais elevados que o queijo controle com relação aos atributos cor característica, brilho, uniformidade, e mostraram a existência de diferença não significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre elas, com relação a esses atributos. Esses resultados concordam com as sugestões da análise do componente principal (Fig. 4.3.7)

Os dados obtidos e apresentados na tabela 4.3.6 mostram a existência de diferença não significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as 3 amostras com relação ao atributo plasticidade. Os valores médios atribuídos às amostras Q2 e Q3, produzidas a partir do retentado, situaram-se bem próximos do ponto ideal na escala, ou seja, 4,50.

As amostras Q1 e Q3 apresentaram valores médios mais elevados que a amostra Q2 com relação ao atributo adesividade, e os dados apresentados na Tabela 4.3.6 mostram a existência de diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre a amostra do queijo Q2 (PROBAT) e as amostras dos queijos Q1 (queijo controle) e Q3 (PROBAT + *L. helveticus*).

As amostras dos queijos Q1 e Q2 obtiveram valores médios mais elevados e mostraram a existência de diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) da amostra Q3, com relação ao atributo maciez.

**TABELA 4.3.6.** Resultados obtidos na Análise Sensorial dos atributos de aparência e textura nos queijos.

Atributo	Queijo 1	Queijo 2	Queijo 3	F <sup>1</sup>	M.D.S. <sup>2</sup>
Plasticidade	3,98 <sup>a</sup>	4,39 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a</sup>	0,50	0,9808
Adesividade	3,36 <sup>b</sup>	4,39 <sup>a</sup>	4,16 <sup>a,b</sup>	3,45	0,9971
Maciez	5,97 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>	4,13 <sup>b</sup>	8,45	1,0857
Cor					
Característica	3,65 <sup>b</sup>	6,38 <sup>a</sup>	6,10 <sup>a</sup>	21,72	1,0993
Brilho	2,40 <sup>b</sup>	5,38 <sup>a</sup>	5,27 <sup>a</sup>	37,96	0,9346
Uniformidade	3,89 <sup>b</sup>	5,76 <sup>a</sup>	6,17 <sup>a</sup>	17,44	0,9936

onde: Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente a  $p \leq 0,05$ .

<sup>1</sup>: Valor F extraído da ANOVA.

<sup>2</sup>: Mínima diferença para estabelecer diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos.

Os resultados obtidos na avaliação dos atributos de aparência mostraram que as amostras dos queijos produzidas a partir do retentado apresentaram a aparência característica de um queijo tipo prato.

Com relação aos atributos de textura, as 3 amostras foram consideradas semelhantes em termos de plasticidade. A amostra de queijo Q2, produzida a partir do retentado fermentado com PROBAT, foi considerada mais macia e menos adesiva que a amostra de queijo Q3, produzida a partir do retentado fermentado com PROBAT mais *L. helveticus*. Em termos de textura, a amostra Q2 foi considerada melhor que a amostra Q3.

Os queijos produzidos a partir do retentado somente diferiram entre si com relação à textura, a amostra de queijo Q2 foi considerada mais semelhante ao controle e melhor que a amostra Q3, em termos de maciez e adesividade.

Os resultados obtidos na avaliação sensorial mostraram que os queijos produzidos a partir do retentado, independente da cultura utilizada na fermentação desse, apresentaram o aroma, o sabor e a aparência característicos de um queijo tipo prato e foram considerados melhores que o queijo controle, mais uma vez, em concordância com os índices de maturação observados. Os resultados obtidos concordam com QVIST et alii (1987), os quais obtiveram melhores resultados com a utilização de cultura BD na fabricação de queijos Havarti a partir de retentados.

#### 4.3.6.2. TESTE DE ACEITAÇÃO DOS QUEIJOS PRODUZIDOS A PARTIR DOS RETENTADOS

Em função dos resultados obtidos na avaliação sensorial, foi realizado um teste piloto de consumidor com as duas amostras de queijo produzidas a partir do retentado, conforme descrito em 3.2.7.2. As amostras de queijo foram avaliadas por 95 provadores.

Os dados foram avaliados através do teste do  $X^2$  (SHIROSE & MORI, 1994), a nível de 5% de significância, e os resultados indicaram a existência de diferença não significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras.

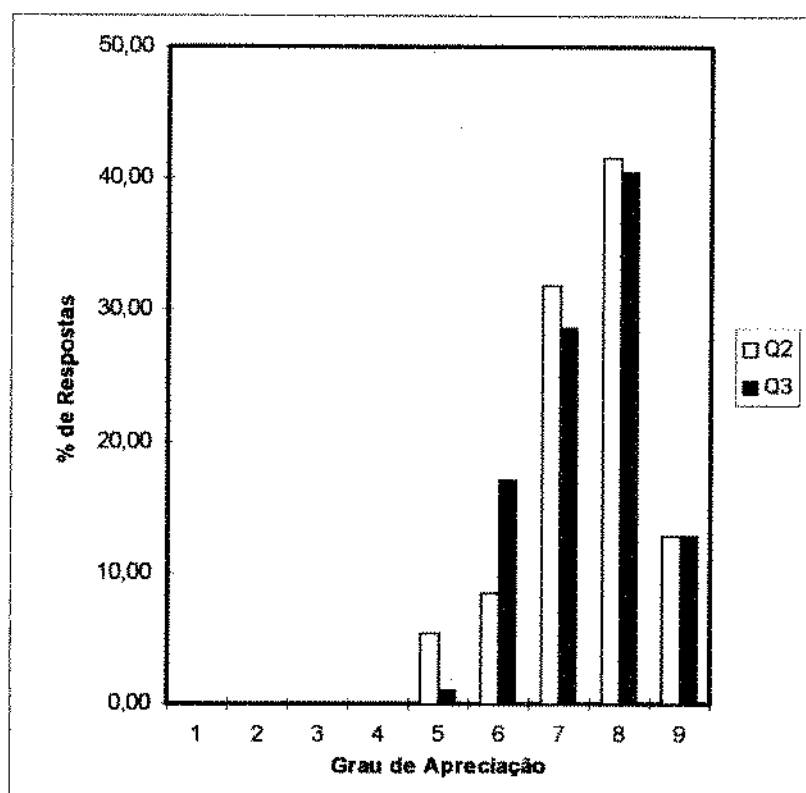
Os resultados obtidos, porcentagem de respostas em função do grau de apreciação são apresentados na Figura 4.3.8. Os dados apresentados na Figura 4.3.8 demonstram os resultados obtidos no teste do  $X^2$ .

Os resultados obtidos no teste de aceitabilidade, conforme mostra a Figura 4.3.8, indicaram que o nível de aceitabilidade de ambas as amostras situou-se nos níveis 8 (gostei muito) e 7 (gostei regularmente), sendo que a maioria das respostas, para ambos os queijos, foi no nível 8 (gostei muito). Esse teste demonstrou uma boa aceitabilidade para ambos os queijos, sendo que o tipo de cultura utilizada na fermentação do retentado não interferiu nessa avaliação.

Através dos resultados obtidos na análise sensorial pode-se concluir que os queijos produzidos a partir do retentado apresentaram sabor, aroma, textura e aparência características de um queijo tipo Prato, uma boa aceitabilidade e, que a utilização de uma cultura mesófila contendo os microrganismos: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc cremoris* subsp. *cremoris*, viáveis e abundantes para fermentação do retentado, é suficiente para a obtenção de um queijo tipo Prato com características



organolépticas adequadas a partir de retentado de ultrafiltração, concentrado a um fator de concentração volumétrico de 5:1.



**FIGURA 4.3.8.** Resultados obtidos no teste de aceitabilidade, realizado com as amostras de queijo produzidas a partir do retentado.

## 5. CONCLUSÕES

1. Através da utilização de retentados para produção de queijo tipo prato foi possível obter um maior rendimento que no processo tradicional. Esse aumento depende da técnica utilizada no tratamento dos coágulos obtidos a partir dos retentados.
2. Na avaliação de retentados com diferentes fatores de concentração para produção de queijos tipo prato, os mais semelhantes ao queijo prato tradicional em composição química, índices de maturação e características organolépticas foram os produzidos a partir de retentados com fator de concentração volumétrico próximo de 1,5:1.
3. A redução de pH do leite, para 6,4-6,2 antes da ultrafiltração, não foi suficiente para obtenção de queijos a partir de retentados com fator de concentração volumétrico em torno de 5:1, com textura característica de queijo tipo prato. O aumento do fator de concentração resultou em aumento da fragilidade dos coágulos obtidos. Foi necessário o desenvolvimento de processo adequado para manusear os retentados com fator de concentração volumétrico em torno de 5:1.
4. O nível de lactose do retentado com fator de concentração volumétrico de 5:1 teve que ser ajustado em cerca de 3,3%, através de diafiltração, para evitar a ocorrência de defeitos de textura no queijo.
5. A mistura de uma parte do retentado, com fator de concentração volumétrico em torno de 5:1, previamente fermentado com uma cultura láctica adequada, com o restante do retentado na proporção de 10:90, respectivamente, resultou na produção de queijos com características semelhantes às de um queijo tipo prato.

6. Uma cultura láctica mesófila contendo os microorganismos *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* + *Leuconostoc cremoris* subsp. *cremoris*, viáveis e abundantes, foi adequada para a fermentação de retentado 5:1, reduzindo o seu pH a valores menores que 5,0.
7. O *Lactobacillus helveticus* apresentou maior atividade proteolítica que a cultura mesófila mista durante a maturação dos queijos produzidos a partir dos retentados. A utilização desse organismo em combinação com a cultura mesófila, na proporção de 1:1, para fermentação do retentado com fator de concentração volumétrico de 5:1, resultou em um queijo prato com características adequadas.
8. O processo utilizado para produção de queijo tipo prato a partir de retentados com fator de concentração volumétrico em torno de 5:1 permitiu um aumento de rendimento de até 11,3%. O manuseio adequado dos coágulos obtidos a partir do retentado em questão foi fundamental para a obtenção de maior rendimento e maior transição de componentes para os queijos.
9. Os queijos produzidos a partir do retentado, segundo o processo utilizado neste trabalho, apresentaram uma maturação mais acentuada que o queijo controle. Do mesmo modo, apresentaram aroma, sabor, aparência e textura características de um queijo tipo prato e, foram considerados melhores que o queijo controle e obtiveram boa aceitabilidade.
10. É possível produzir queijo prato, a partir de retentados de ultrafiltração, com características adequadas, de forma contínua e automatizada, utilizando-se o processo desenvolvido neste trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of dairy products.** American Public Health Association, 13° ed., Washington, 1972.
2. ARDO, Y.; PETERSSON, H.E. Accelerated cheese ripening with heat treated cells of *Lactobacillus helveticus* and a comercial proteolytic enzyme. **Journal of Dairy Research** 55 (-): 239-245, 1988.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE QUEIJO. FAX: (011)881-1714. São Paulo-S.P.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the A.O.A.C.** Ed. Sidney Williams. 14° ed., Arlington, 1984.
5. ASCHAFFENBURG, R.; DREWRY, J. New procedure for the routine determination of the various non casein proteins of milk. **International Dairy Congress**, 15. London, 1959. **Proceedings...**International Dairy Federation, 3: 1631-1637, 1959.
6. BASTIAN, E. D.; COLLINGE, S. K.; ERNSTROM, C. A. Ultrafiltration: partioning of milk constituents into permeate and retentate. **Journal of Dairy Science** 74 : 2423-2434, 1991.
7. BEATON, N. C. Ultrafiltration and reverse osmosis in the dairy industry - an introduction to sanitary consideration. **Journal of Food Protection** 42 (7): 584-590, 1979.
8. BERNARD, S.; MAUBOIS, J.L.; TARECK, A. Ultrafiltration - thermization du lait a la reduction: aspects bacteriologiques. **Le Lait** 61 (-): 435- , 1981.

9. BIRKKJAER, H.E.; FORSINGDAL, K. Importance of some technological factors in manufacture of cheese from ultrafiltrated milk. **XXI International Dairy Congress 1**; Book 2, Moscou, 1982.
10. BRULE, G.; FAUQUANT, J. Mineral balance in skim milk and milk retentate: effect of physicochemical characteristics of the aqueous phase. **Journal of Dairy Research 48** (--) : 91-97, 1981.
11. BRULE, G.; MAUBOIS, J. L.; VANDEWEGHE, J.; FAUQUANT, J.; GOUDEDRANCHE, H. Utilisation de l'ultrafiltration sur membrane pour la fabrication de fromages du type pates fraiches. **Revue Laitiere Française** (328):1-4, 1975.
12. BRULE, G.; MAUBOIS, J. L.; FAUQUANT, J. Etude de la teneur en éléments minéraux des produits obtenus lors de l'ultrafiltration du lait sur membrane. **Le Lait** (539-540): 600-615, 1974.
13. BUNDGAARD, A.G.; OLSEN, O. J.; MADSEN, R. F. Ultrafiltration and hyperfiltration of skim milk for production of various dairy products. **Dairy Industries 37** (10): 539-546, 1972.
14. CASIRAGHI, E. M.; PERI, C.; PIAZZA, L. Effect of calcium equilibria on the rate of syneris and on the firmness of curds obtained from milk retentates. **Milchwissenschaft 42** (4); 232-235, 1987.
15. CHIANG, B. H.; CHERYAN, M. Ultrafiltration of skimmilk in hollow fibers. **Journal of Food Science 51** (2): 340-344, 1986.
16. CHRISTENSEN, T.M.I.E.; KRISTIANSEN, K.R.; MADSEN, J.S. Proteolysis in cheese investigated by high performance liquid chromatography. **Journal of Dairy Research 56** (5): 823-828, 1989.

17. COVACEVICH, H. R.; KOSIKOWSKI, F. V. Buffer, lactic fermentation, and rennet coagulation properties of skim milk retentates produced by ultrafiltration. **Journal of Dairy Science** **62** (-): 204-207, 1979.
18. COVACEVICH, H. R.; KOSIKOWSKI, F. V. Mozzarella and Cheddar cheese manufacture by ultrafiltration principles. **Journal of Dairy Science** **61** (-): 701-709, 1978.
19. COVACEVICH, H. R.; KOSIKOWSKI, F. V. Cream cheese by ultrafiltration. **Journal of Food Science** **42** (5): 1362-1364, 1977.
20. CREAMER, L. K.; IYER, M ; LELIEVRE, J. Effect of various levels of rennet addition on characteristics of Cheddar cheese made from ultrafiltered milk. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology** **22** (3): 205-214, 1987.
21. CULIOLI, J.; BON, J.P.; MAUBOIS, J. L. Etude de la viscosité des rétentats et des "pré-fromages" obtenus a près traitement du lait par ultrafiltration sur membrane. **Le Lait** (538): 481-499, 1974.
22. DE BOER, R.; NOOY, P.F.C. Low fat semi-hard cheese from ultrafiltered milk. **Nourdeuropaisk Mejeri Tiasskrift** \_\_\_ (3): 52-61, 1980.
23. DELBEKE, R. Experiments on making Saint-Paulin by full concentration of milk with ultrafiltration. **Milchwissenschaft** **42** (4): 222-225, 1987.
24. DUCRET, P.; MAUBOIS, J. L.; GOUDÉDRANCHE, H.; PANNETIER, R. Eléments de fabrication de fromages à pâte demi-dure et à ouverture propionique selon le procédé M.M.V. **La Technique Laitiere** \_ (957): 13-16, 1981.
25. EL-ZAYAT, A.I.; OMAR, M.M. Kareish cheese prepared from ultrafiltered milk. **Journal of Dairy Research** **54** (4): 545-550, 1987.

26. ERNSTROM, C.A.; SUTHERLAND, B.J.; JAMESON, G.W. Cheese base for processing. A high yield product from whole milk by ultrafiltration. **Journal of Dairy Science** 63 (-): 228-234, 1980.
27. EVERETT, D. W.; JAMESON, G. W. Physicochemical aspects of Cheddar cheese made from ultrafiltered milk. **The Australian Journal of Dairy Technology** 48 (1): 20-29, 1993.
28. FARKYE, N. Y.; FOX, P. F. Contribution of plasmin to Cheddar cheese ripening: effect of added plasmin. **Journal of Dairy Research** 59 (-): 209-216, 1992.
29. FARKYE, N. Y.; FOX, P. F. Objective indices of cheese ripening. **Trends in Food Science and Technology** \_\_\_ (8): 37-40, 1990.
30. FENTON-MAY, R.I.; HILL, C.G.; AMUNDSON, C.H.; LOPEZ, M. H.; AUCLAIR, P. D. Concentration and fractionation of skim milk by reverse osmosis and ultrafiltration. **Journal of Dairy Science** 55 (11): 1561-1566, 1972.
31. FERNÁNDEZ-GARCIA, E.; PROKOPEK, D.; REUTER, H. Efecto de la adición de diferentes enzimas sobre las características físico químicas y sensoriales de queso duro fabricado con leche ultrafiltrada. **Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.** 33 (4): 383-398, 1993.
32. FIL-IDF. Membrane process guidelines for testing terms and definitions. **Bulletin of the International Dairy Federation** \_\_\_ (134), 11 p., 1981.
33. FISCHBACH-GREENE, L.; POTTER, N. N. Effects of ultrafiltration on retention of minerals and other components of milk. **Journal of Food Science** 51 (2): 345-347, 1986.
34. FURTADO, M.M.; LOURENÇO-NETO, J. P. M.. **Tecnologia de Queijos-Manual Técnico para a Produção Industrial de Queijos**. São Paulo, Editora Dipemar LTDA, 1994.

35. FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo.** São Paulo, Editora Globo S.A, 1990.
36. FURTADO, M. M.; PARTRIDGE, J. A. Characterization of nitrogen fractions during ripening of a soft cheese made from ultrafiltration retentates. **Journal of Dairy Science** **71** (11): 2877-2884, 1988.
37. FURTADO, M. M.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F. Perda de umidade da coalhada durante a fabricação do queijo prato. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes** **38** (229): 3-19, 1983.
38. FURTADO, M. M.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F. Fabricação de queijo prato e minas: estudo de rendimento. Part I- Determinação das Cifras de Transição. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes** **34** (205): 3-19, 1979.
39. FURTADO, M. M.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F. Fabricação de queijo prato e minas: estudo do rendimento. Part II- Previsão da gordura no extrato seco. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes** **34** (206): 3-13, 1979.
40. GARNOT, P. Influence of milk concentration by UF on enzymatic coagulation. **Bulletin of I.D.F.** (225): 11-15, 1988.
41. GAROUTTE, C. A.; AMUNDSON, C. H.; HILL, C. G. Ultrafiltration of whole milk with hollow fiber membranes. **Journal of Food Process Engineering** **5** (-): 91-202, 1982.
42. GARRIDO, L.A.; FERNANDEZ-GARCIA, E. Utilización de los procesos de membrana en la elaboración de queso. **Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.** **32** (4): 353-370, 1992.
43. GLOVER, F. A. Concentration of milk by ultrafiltration and reverse osmosis. **Journal of Dairy Research** **38** (-): 373-379, 1971.



44. GOUDEDRANCHE, H.; MAUBOIS, J. L.; DUCRET, P.; MAHAUT, M.  
Utilisation de nouvelles membranes minérales  
d'ultrafiltration pour la fabrication de fromages du  
type Saint-Paulin. **La Technique Laitiere** (950): 7-  
12, 1981.
45. GOUDEDRANCHE, H.; MAUBOIS, J. L.; DUCRET, P.; MAHAUT, M.  
Utilization of the new mineral UF membranes for making  
semi-hard cheeses. **Desalination** 35 (-): 243-258,  
1980.
46. GREEN, M. The cheesemaking potential of milk concentrated  
up to four-fold by ultrafiltration and heated in the  
range 90-97°C. **Journal of Dairy Research** 57 (-): 549-  
577, (1990,a).
47. GREEN, M. Cheddar cheesemaking from whole milk  
concentrated by ultrafiltration and heated to 90°C.  
**Journal of Dairy Research** 57 (-): 559-569, (1990,b).
48. GREEN, M.L. Effect of milk pretreatment and making  
conditions on the properties of Cheddar cheese from  
milk concentrated by ultrafiltration. **Journal of  
Dairy Research** 52 (-): 555-564, 1985.
49. GREEN, M.L. Chemical characterization of milk  
concentrated by ultrafiltration. **Journal of Dairy  
Research** 51 (-): 267-278, 1984.
50. GREEN, M. L.; GLOVER, F. A.; SCURLOCK, E. M. W.;  
MARSHALL, R.J.; HATFIELD, R.S. Effect of use of milk  
concentrated by ultrafiltration on the manufacture and  
ripening of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research**  
48 (--): 333-341, 1981.
51. GRIPON, J. C.; DESMAZEAUD, M.J.; LE BARS, D.; BERGERE, J.  
L. Etude du rôle des micro-organismes et des enzymes  
au cours de la maturation des fromages. II Influence  
de la pression commerciale. **Le Lait** 55 (548): 502-516,  
1975.

52. GUINEE, T. P.; PUDJA, P.D.; MULHOLLAND, E. O. Effect of milk protein standardization, by ultrafiltration, on the manufacture, composition and maturation of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research** 61 (-): 117-131, 1994.
53. HICKEY, M. W.; VERSTEEG, C. Mozzarella cheese with ultrafiltration retentate. **The Australian Journal of Dairy Technology** 48 (-): 44-48, 1993.
54. HICKEY, M.W.; LEEUWEN, H. V.; HILLIER, A. J.; JAGO, G.R. Amino acid accumulation in Cheddar cheese manufactured from normal and ultrafiltered milk. **The Australian Journal of Dairy Technology** 38 (4): 110-113, 1983.
55. HICKEY, M.W.; ROGINSKI, H.; BROOME, M. C. Growth and acid production of group N streptococci in ultrafiltered milk. **The Australian Journal of Dairy Technology** 38 (4): 138-143, 1983.
56. HICKEY, M.W.; HILLIER, A.J.; JAGO, G.R. Peptidase activities in Lactobacilli. **The Australian Journal of Dairy Technology** 38 (4):118-123, 1983.
57. HANSEN, K. Stability and activity of plamin in UF retentate and cheese. **Beretning Fra Statens Mejeriforsog** (276), 1990. In **Food Science and Technology Abstracts** 24 (4),231, 1992.
58. HOSKEN, F.S.; GAUDERETO, L.Q. Influência da cultura láctica na qualidade do queijo prato variedade lanche. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes** 28 (168): 1-8, 1973.
59. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz- Métodos Químicos e Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** Vol. 1., 3° ed., Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 1985.

60. IYER, M.; LELIEVRE, J. Yield of Cheddar cheese manufactured from milk concentrated by ultrafiltration. **Journal of the Society of Dairy Technology** 40 (2): 45-50, 1987.
61. JAMESON, G. W. Manufacture of Cheddar cheese from milk concentrated by ultrafiltration: the development and evaluation of a process. **Food Technology in Australia** 39 (12): 560-564, 1987.
62. JENSEN, L. A.; JOHNSON, M. E.; OLSON, N. F. Composition and properties of cheeses concentrated by ultrafiltration and reverse osmosis-a review of literature. **Cultured Dairy Products Journal** 22 (2):6-14, 1987.
63. JEPSEN, S. The economic foudation of the ultrafiltration of milk. **Nordeuropask Mejeri-tiosskrift** (11-12): 413-416, 1974.
64. KEALEY, K.S.; KOSIKOWSKI, F.V. Cheddar cheese from ultrafiltered wholw milk retentates in industrial cheese making **Journal of Dairy Science** 68 (-): 3148-3154, 1985.
65. KONING, P. G.; de BOER, R.; BOTH, P.; NOOY, P.F.C. Comparison of proteolysis in a low-fat semi-hard type of cheese manufactured by standard and by ultrafiltration techniques. **Netherlands Milk Dairy Journal** 35 (1): 35-46, 1981.
66. KOSIKOWSKI, F.V.; MASTERS, A.R.; MISTRY, V.V. Cheddar cheese from retentate supplemented milk. **Journal of Dairy Science** 68 (-): 548- , 1985.
67. KOSIKOWSKI, F.V. **Cheese and Fermented Milk Foods.** 2° ed., Kosikowski and Associates, Inc., New York, N.Y., 1982.
68. KOSIKOWSKI, F. New cheese making procedures utilizing ultrafiltration. **Food Technology** 40 (6): 71-77, 1986.

69. LANG, F.; LANG, A. Ultrafiltration in the dairy industry. **The Milk Industry** 78 (9): 16-17, 1976.
70. LAWRENCE, R. C. The use of ultrafiltration technology in cheese making. **Bulletin of IDF** \_\_\_ (240): 2-15, 1989.
71. LELIEVRE, J.; LAWRENCE, R. C. Manufacture of cheese from milk concentrated by ultrafiltration. **Journal of Dairy Research** 55 (-): 465-478, 1988.
72. LELIEVRE, J.; IYER, M.; BENNETTI, R. J.; LAWRENCE, R. C. The effect of ultrafiltration per se on the suitability of milk for Cheddar cheese manufacture. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology** 21 (-): 157-164, 1986.
73. LERCKER, G.; LERICI, C.R. Processi di ultrafiltrazione ed osmosi inversa: principi ed applicazioni nell'industria casearia. **Il Mondo del Latte** 41 (7): 409-415, 1987.
74. LONERGAN, D. A. Ultrafiltration and diafiltration's effect on casein micelles. **Transactions of the ASAE** 26 (-): 1879-1883, 1983.
75. LUCEY, J.A.; FOX, P.F. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review. **Journal of Dairy Science** 76 (-): 1714-1724, 1993.
76. LUCIANO, M.; PERI, C.; DONATI, E. Studies on coagulation of milk ultrafiltration retentates. I. Coagulation Kinetics. **Milchwissenschaft** 40 (10): 600-604, 1985.
77. MAHAUT, M.; MAUBOIS, J.L. **Transformation du lait en fromage grace a l'emploi de l'ultrafiltration sur membrane**. Rennes, France, Apostila I.N.R.A., 1985.
78. MAHAUT, M.; MAUBOIS, J.L.; ZINK, A.; PANNETIER, R.; VEYRE, R. Eléments de fabrication de fromages frais par ultrafiltration sur membrane de coagulum de lait. **La Technique Laitiere** \_\_\_ (961): 9-13, 1982.

79. MAUBOIS, J. L.; MOCQUOT, G. Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese. **Journal of Dairy Science** 58 (7): 1001-1007, 1974.
80. MAUBOIS, J. L.; MOCQUOT, G. Préparation de fromage à partir de "pré-fromage liquide" obtenu par ultrafiltration du lait. **Le Lait** (508):495-533, 1971.
81. MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G.; VASSAL, L. "Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers" **Patent Française 2.052.121**, Paris, França, 1969.
82. Mc. GREGOR, J. U.; WHITE, C. H.. Optimizing ultrafiltration parameters for the development of a lowfat Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science** 73 (2): 314-318, 1990.
83. Mc. GREGOR, J. U.; WHITE, C. H.. Effect os enzyme treatment and ultrafiltration on the quality of lowfat Cheddar cheese. **Journal Dairy Science** 73 (3):571-578, 1990 b.
84. MEHAIA, M.A.; CHERYAN, M. Coagulation studies of ultrafiltration concentrates skimmilk. **Milshwissenschaft** 38 (12):708-710, 1983.
85. MEMBRANE SEPARATION TECHNOLOGY OFFERS PROCESSORS UNLIMITED POTENTIAL. **Food Technology** 44 (9): 108-113, 1990.
86. MISTRY, V.V.; KOSIKOWSKI, F. V. Application of retentate starter produced from ultrafiltered milk to the manufacture of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science** 69 (-): 1484-1490, 1986.
87. MISTRY, V.V.; KOSIKOWSKI, F. V. Growth of lactic acid bacteria in highly concentrated ultrafiltered skim milk retentates. **Journal of Dairy Science** 68 (-): 2536-2543, 1985.

88. MISTRY, V.V.; KOSIKOWSKI, F. V. Fermentation of ultrafiltered skim milk retentates with mesophilic lactic cheese starters. **Journal of Dairy Science** 68 (-): 1613-1617, 1985.
89. MODLER, H. W. Exploring latest ultrafiltration hardware. **Dairy Field** 165 (8): 45-48, 1982.
90. MORAES, M.A.C. **Métodos para Avaliação Sensorial de Alimentos**. 4<sup>o</sup>ed., Editora da UNICAMP, Campinas, 1983.
91. OLIVEIRA, J. S. **Queijo: Fundamentos Tecnológicos**. 2<sup>o</sup> ed., São Paulo, Ícone Editora, 1986.
92. OMAR, M.M. Microstructure and chemical changes in Domiati cheese made from ultrafiltered milk. **Food Chemistry** 25 (3): 183-196, 1987.
93. PATEL, R.S.; REUTER, H.; PROKOPEK, D. Production of quarg by ultrafiltration. **Journal of the Society of Dairy Technology** 39 (1): 27-31, 1986.
94. PERI, C.; LUCISANO, M.; DONATTI, E. Studies on coagulation of milk ultrafiltration retentates. II. Kinetics of whey syneresis. **Milchwissenschaft** 40 (11): 650-652, 1985.
95. PIERRE, A.; BRULE, G.; FAUQUANT, J.; PIOT, M. Influence des traitements thermiques sur les propriétés physicochimiques des retentats obtenus par ultrafiltration de lait de vache et de lait de chèvre. I. Desnaturation des protéines solubles. **Le Lait** (569-570): 1-17 (1977).
96. PUCHADES, R.; LEMIEUX, L.; SIMARD, R.E. Evolution of free aminoacids during the ripening of Cheddar cheese containing added Lactobacilli strains. **Journal of Food Science** 54 (4): 885-888, 946; 1989.

97. PUHAN, Z. Standardization of milk protein content by membrane processes for product manufacture. **Bulletin I.D.F.** (9201): 23-32, 1991.
98. QVIS, K. B.; THOMSEN, D.; HOIER, E. Effect of ultrafiltered milk and use of different starters on the manufacture, fermentation and ripening of Havarti cheese. **Journal of Dairy Research** 54 (-): 437-446, 1987.
99. QVIST, C. B. Havarti cheese from concentrated milk. **Scandinavian Dairy Industri** (1): 30-32, 1987.
100. RAO, D.V.; RENNER, E. Studies on the application of ultrafiltration for the manufacture of Cheddar cheese. 2. Effect of heating UF whole milk concentrate on composition and yield. **Milchwissenschaft** 43 (11): 708-711, 1988 (b).
101. RAO, D.V.; RENNER, E. Studies on the application of ultrafiltration for the manufacture of Cheddar cheese. 3. Ripening characteristics. **Milchwissenschaft** 44 (6): 351-354, 1989.
102. RENNER, E.; EL-SALAM, M. H. A. **Application of ultrafiltration in the dairy industry.** London, Elsevier Science Publishers LTD., 1991.
103. RICHTER, R.L. Exploring ultrafiltration frontiers. **Dairy Field** 166 (4): 62-64, 1983.
104. RIISPOA. **REGULAMENTO DA INSPEÇÃO INDUSTRIAL E SANITÁRIA DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL.** Ministério da Agricultura, 1962.
105. SAEDERUP NIELSEN, P. Cheese production by ultrafiltration. **Scandinavian Dairy Industry** \_\_\_ (1) 34-35, 1987.

106. SCHIFTAN, T. Z.; KOMATSU, I. Estudos sobre a composição do queijo prato consumido na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes** 35 (207): 33-38, 1980.
107. SHARMA, S.K.; FERRIER, L. K.; HILL, A. R. Effect of modified manufacturing parameters on the quality of Cheddar cheese made from ultrafiltered (UF) milk. **Journal of Food Science** 54 (3): 573-577, 1989.
108. SHARKASI, T.; KILARA, A. Structure properties relations in cheese. **MRS Bulletin** (-): 47-49, 1994.
109. SPANGLER, P. L.; JENSEN, L. A.; AMUNDSON, C. H.; OLSON, N. F.; HILL, C. G. Ultrafiltered Gouda cheese. Effects of preacidification, diafiltration, rennet and starter concentration, and time to cut. **Journal of Dairy Science** 74 (-): 2809-2819, 1991.
110. SPANGLER, P. L.; JENSEN, L. A.; AMUNDSON, C. H.; OLSON, N. F.; HILL, C. G. Gouda cheese made from ultrafiltered milk effects of concentration factor, rennet concentration, and coagulation temperature. **Journal of Dairy Science** 73 (-): 1420-1428, 1990..
111. SPANGLER, P.L.; EL SODA, M.; JOHNSON, M.E.; OLSON, N.F.; AMUNDSON, C.H.; HILL, C.G. Accelerated ripening of Gouda cheese made from ultrafiltered milk using a liposome entrapped enzyme and freeze shocked lactobacilli. **Milchwissenschaft** 44 (4): 199-203, 1989.
112. SRILAOURKUL, S.; OZIMEK, L.; OORAIKUL, B.; HADZIYEV, D.; WOLFE, F. Effect of ultrafiltration of skim milk on casein micelle size distribution in retentate. **Journal of Dairy Science** 74 (1): 50-57, 1991.



113. ST-GELAIS, D.; HACHE, S.; GROS-LOUIS, M. Combined effects of temperature, acidification and diafiltration on composition of skim milk retentate and permeate. **Journal of Dairy Science** 75 (-): 1167-1172, 1992.
114. STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, R.S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptivr analysis. **Food Technology** 28 (11):24-34, 1974.
115. SUJATA LAKHANI; GULLETT, E. A.; FERRIER, L. K.; HILL, A. R. Texture analysis of Cheddar cheese made from ultrafiltered milk. **Journal of Food Quality** 14 (3): 251-271, 1991.
116. SUTHERLAND, B. J.; JAMESON, G.W. Composition of hard cheese manufacture by ultrafiltration. **The Australian Journal of Dairy Technology** 36 (4): 136-143, 1981.
117. SWEETSUR, A.W.M.; MUIR, D.D. Effect of concentration on the heat sility of skim milk. **Journal of Dairy Research** 47 (-), 327-335, 1980.
118. SWIENTEK, R.J. Continuous cheesemaking process utilizes ultrafiltration technology. **Food Processing** \_\_ (-): 103-106, 1984.
119. THOMPSON, S. J.; de MAN, J. M. Concentration and fractionaion of milk by ultrafiltraion. **Journal of the Inst. Can. Science Technologie Alimentaire** 8 (2): 113-116, 1975.
120. VAKALERIS, D.G.; PRICE, W.V. A rapid spectrophotometric method for measuring cheese ripening. **Journal of Dairy Science** 42 (-): 264-276, 1959.
121. VAN DENDER, A.G.F. **Contribuição ao estudo do uso da ultrafiltração de leite na fabricação de Queijo Minas Frescal**. UNICAMP, Campinas, Tese de Doutorado da Universidade Estadual de Campinas, 1995.

122. VAN DENDER, A.G.F.; DUCRET, P.; MAUBOIS, J.L. Estudo da fabricação de queijo tipo prato utilizando ultrafiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes** 42 (249): 7-14, 1987.
123. VICENS, D. Fabrication de fromage à partir de lait préconcentré par ultrafiltration grâce au système Alcurd d'Alfa-Laval. **Technique Laitiere & Marketing** (1007): 15-22, 1986.
124. WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do Leite** \_\_ (661): 1-8, 1983.
125. YAN, S. H.; HILL, C. G.; AMUNDSON, C. H. Ultrafiltration of milk by ultrafiltration and reverse osmosis. **Journal of Dairy Science** 62 (-): 23-40, 1979.

# ANEXO I

## FICHA DE AVALIAÇÃO DE QUEIJO PRATO

Nome \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Avalie, por favor, cada uma das amostras de queijo prato, indicando a intensidade de cada atributo na devida escala.

### AROMA

**Aroma Característico:** aroma associado ao queijo prato conforme referência.

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Aroma de Fermentado:** aroma característico de cultura láctea fermentada. (padrão: iogurte, acetaldeído).

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Aroma de Curado:** aroma característico de queijo curado (padrão: queijos Gouda, Edam).

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Aroma de Manteiga:** aroma associado à manteiga: (padrão manteiga, diacetil).

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

SABOR

**Sabor Característico:** sabor associado ao queijo prato conforme referência.

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Sabor de curado:** sabor característico de queijo curado (padrão: queijo Gouda e queijo Edam).

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Sabor de Manteiga:** sabor associado à manteiga (diacetil).

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Gosto Amargo:**

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Gosto Ácido:**

Amostra

---

---

---

**Gosto Doce:**

Amostra

---

---

---

**TEXTURA**

**Maciez:** avaliada pela força necessária para romper com os dentes molares, um pedaço da amostra.

Amostra

---

---

---

**Plasticidade:** propriedade do alimento apresentar-se homogêneo ao ser mordido, formando uma pasta cremosa durante a mastigação (pouco plástico = fraturável).

Amostra

---

---

---

**Adesividade:** propriedade do alimento de grudar nos dentes ao ser mastigado.

Amostra

---

---

---

APARÊNCIA

**Cor característica:**

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Brilho:**

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Uniformidade:** homogeneidade com relação à distribuição da cor (muito uniforme: distribuição uniforme da cor, apresentando ausência de manchas ou áreas com descolorações).

Amostra

_____	_____
_____	_____
_____	_____

## ANEXO II.

Nome \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Por favor, avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou.

1. Desgostei MUITÍSSIMO
2. Desgostei Muito
3. Desgostei Regularmente
4. Desgostei Ligeiramente
5. Indiferente
6. Gostei Ligeiramente
7. Gostei Regularmente
8. Gostei Muito
9. Gostei MUITÍSSIMO

Número da Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_