

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VÂNIA DE CÁSSIA DA FONSECA

**ELABORAÇÃO DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS
FRESAL ESTABILIZADO POR COMBINAÇÕES TERNÁRIAS DE ALGINATO DE
PROPILENO GLICOL, GOMA XANTANA E CARBOXIMETILCELULOSE**

CURITIBA

2008

VÂNIA DE CÁSSIA DA FONSECA

**ELABORAÇÃO DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS
FRESVAL ESTABILIZADO POR COMBINAÇÕES TERNÁRIAS DE ALGINATO DE
PROPILENO GLICOL, GOMA XANTANA E CARBOXIMETILCELULOSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de
Alimentos ao Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia da
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Dr.^a Nina Waszczyński

Co-orientadora: Dr.^a Agnes de Paula Scheer

CURITIBA

2008

À minha família, em especial meus pais Iraci e Goretti.

À minha filha, Ana Lara e ao meu namorado Douglas.

Por todo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar até aqui e nunca me deixar sozinha.

À minha família, principalmente meus pais, Iraci e Goretti, que sempre me apoiaram e deram força para continuar. Aos meus irmãos Neiro, Renato e Dayse, por estarem presentes na minha vida, em especial a minha irmã por cuidar com carinho da minha filha quando precisava me ausentar.

À minha filha linda, Ana Lara, por ser tão compreensiva e carinhosa, sempre entendendo a vontade e necessidade da sua mãe estudar.

Ao meu namorado tão especial, Douglas, que sempre me apoio e me ajudou nos momentos difíceis, passando horas no computador comigo, corrigindo figuras e me socorrendo quando algo acontecia. Sou muito grata por tudo que você representa: amor, companheirismo, dedicação e acima de tudo perseverança.

À minha outra família, Luís César, Marise, Adriana e Ricardo, sempre prontos a me ajudar, me sinto parte de vocês.

À minha orientadora Nina Waszczynskij e co-orientadora Agnes de Paula Scheer, pelo apoio e paciência, pois sei que sou muito ansiosa.

Aos professores Paulo Fontoura, por toda ajuda nos momentos difíceis no laboratório; e Henrique Köehler pelo auxílio com a estatística.

À amiga Dayane Rosalyn Izidoro por toda ajuda mesmo nos sábados de manhã, quando podia dormir até mais tarde.

A todos os amigos e colegas que contribuíram de alguma forma na realização desse trabalho.

À Frimesa, em especial a todos do laboratório de controle de qualidade, pela colaboração e toda atenção que recebi.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos pela oportunidade; e ao CNPq pela bolsa de estudos.

O mundo é como um espelho que devolve a cada pessoa o reflexo de seus próprios pensamentos. A maneira como você encara a vida é que faz toda diferença.

Luís Fernando Veríssimo

RESUMO

O soro de queijo Minas frescal é pouco utilizado devido ao seu teor de sal, sendo assim, a elaboração de molho para salada com esse subproduto, estabilizado por combinações ternárias de alginato de propileno glicol (APG), goma xantana (GX) e carboximetilcelulose (CMC) foi investigada neste trabalho. Foram desenvolvidas sete formulações baseando-se no delineamento para superfícies limitadas e misturas, nas seguintes proporções, respectivamente, de APG, GX e CMC: F1 (0,50/0,25/0,25), F2 (0,25/0,50/0,25), F3 (0,25/0,25/0,50), F4 (0,375/0,375/0,25), F5 (0,375/0,25/0,375), F6 (0,25/0,375/0,375), F7 (0,333/0,333/0,333). O soro de queijo Minas frescal foi caracterizado utilizando o cálculo da amostragem ideal, os componentes analisados foram proteínas ($0,78 \pm 0,02$), resíduo mineral fixo ($2,37 \pm 0,02$), pH ($6,33 \pm 0,08$), extrato seco total ($8,63 \pm 0,32$), lactose ($3,68 \pm 0,89$), densidade ($1,0365 \pm 0,002$), acidez titulável ($11 \pm 0,47$), cloreto de sódio ($0,35 \pm 0,15$) e gordura ($0,73 \pm 0,04$). Foi avaliado o comportamento reológico das sete formulações com ajuste ao modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), todas apresentaram comportamento não-Newtoniano pseudoplástico a 4 e 25°C. O índice de comportamento foi pouco influenciado pela temperatura, apresentando um pequeno aumento quando essa subiu de 4°C para 25°C, sendo os maiores valores obtidos para F1 a 4°C e a 25°C F5 foi estatisticamente igual a F1. O coeficiente de consistência sofreu um decréscimo com o aumento da temperatura, os maiores valores foram para F3, mas a 25°C F3 e F2 foram estatisticamente iguais. A viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento e temperatura, F3, com maior concentração de CMC, apresentou os maiores valores. A Metodologia de Superfície de Resposta mostrou que o APG e a CMC tiveram maior influência no aumento do índice de comportamento, para o coeficiente de consistência a interação ternária, juntamente a GX e a CMC. Na viscosidade aparente a CMC e a interação ternária foram significativamente importantes, o modelo cúbico especial representou melhor as respostas. Todas as formulações mostraram-se estáveis até 120 dias. As formulações F3 e F7 foram utilizadas na análise sensorial do teste triangular por apresentarem maior viscosidade e menor custo para matéria-prima, nesse teste não foi detectada diferença de sabor entre as amostras, essas atenderam a legislação vigente quanto aos limites microbiológicos determinados. A melhor formulação conforme os dados de viscosidade aparente e custo da matéria-prima foi a F3, revelando que a proporção ideal entre os estabilizantes APG, GX e CMC foi de 0,25; 0,25 e 0,50%, respectivamente. Com esta formulação foram elaboradas duas formulações finais: 461 (0,15% salsa) e 672 (0,15% hortelã), as quais permaneceram dentro dos limites da legislação nas análises microbiológicas. Ambas as formulações foram aceitas, conforme análise sensorial de comparação pareada-preferência, aceitabilidade e atitude de compra ou consumo; apresentando baixo valor calórico.

Palavras – chave: soro de queijo Minas frescal. Molho para salada. Alginato de propileno glicol. Goma xantana. Carboximetilcelulose.

ABSTRACT

The "Minas frescal" cheese whey is little used due to his content of salt, therefore, the salad dressing elaboration with this by-product, stabilized by ternary combinations of propylene glycol alginate (PGA), xantan gum (XG) and carboxymethylcellulose (CMC) was investigated in this work. Seven formulations were developed basing on the design for constrained surfaces and mixtures, in the following proportions, respectively, of APG, XG and CMC: F1 (0,50/0,25/0,25), F2 (0,25/0,50/0,25), F3 (0,25/0,25/0,50), F4 (0,375/0,375/0,25), F5 (0,375/0,25/0,375), F6 (0,25/0,375/0,375), F7 (0,333/0,333/0,333). The "Minas frescal" cheese whey was characterized using the calculation of the ideal sampling, the analyzed components were proteins ($0,78 \pm 0,02$), fixed mineral residue ($2,37 \pm 0,02$), pH ($6,33 \pm 0,08$), total dry extract ($8,63 \pm 0,32$), lactose ($3,68 \pm 0,89$), density ($1,0365 \pm 0,002$), acidity ($11 \pm 0,47$), chloride of sodium ($0,35 \pm 0,15$) and fat ($0,73 \pm 0,04$). The rheological behavior of seven formulations was evaluated with adjustment to the model of Ostwald-of-Waelle (Power Law), all presented shear-thinning behavior to 4 and 25°C. The behavior index it was little influenced by the temperature, presenting a small increase when that arose from 4 to 25°C, being the largest values for F1 to 4°C and to 25°C F5 was same statistical F1. The consistency coefficient it suffered a decrease with the increase of the temperature, the largest values went to F3, but to 25°C F3 and F2 they were same statistical. The apparent viscosity it decreased with the increase of the shear rate and temperature, F3, with larger CMC concentration, presented the largest values. The response surface methodology showed that the PGA and CMC had larger influence in the increase of the behavior index, for the consistency coefficient the ternary interaction, together the XG and the CMC. In the apparent viscosity the ternary interaction and the CMC were significantly important; the special cubic model represented the answers better. All of the formulations were shown stable even 120 days. The formulations F3 and F7 were used in the sensorial analysis of the triangular test for they present larger viscosity and smaller cost for raw material, in that test flavor difference was not detected among the samples, these are according to legislation as for the microbiological limits. The best formulation according to the data of apparent viscosity and cost of the raw material was F3, revealing that the ideal proportion among the stabilizer PGA, XG and CMC was of 0,25; 0,25 and 0,50%, respectively, with this formulation two final formulations were elaborated: 461 (0,15% parsley) and 672 (0,15% mint), which stayed inside of the limits of the legislation in the analyses microbiological. Both formulations were accepted, according to sensory analysis and presenting low caloric value.

keywords: "Minas frescal" cheese whey. Salad dressing. Propylene glycol alginate. Xantan gum. Carboxymethylcellulose

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TIPOS DE EMULSÃO.....	38
FIGURA 2 - FENÔMENOS QUE OCORREM NAS EMULSÕES.....	40
FIGURA 3 - FENÔMENO DE “CREAMING” E SEDIMENTAÇÃO EM EMULSÕES.....	42
FIGURA 4 - GOTA DE ÓLEO DA FASE DISPERSA ENVOLTA POR EMULSIFICANTE.....	43
FIGURA 5 - MODELO DEFINIDO POR ISAAC NEWTON.....	50
FIGURA 6 - ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS FLUIDOS SEGUNDO COMPORTAMENTO REOLÓGICO.....	52
FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE FLUIDOS NEWTONIANOS.....	53
FIGURA 8 - CURVAS DE FLUXO PARA FLUIDOS NEWTONIANOS E NÃO – NEWTONIANOS INDEPENDENTES DO TEMPO.....	54
FIGURA 9 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE FLUIDOS NÃO – NEWTONIANOS DEPENDENTES DO TEMPO.....	57
FIGURA 10 - ESQUEMA CLASSIFICATÓRIO DOS MÉTODOS SENSORIAIS.....	61
FIGURA 11 - ORGANOGRAMA DE PRODUÇÃO DO QUEIJO MINAS FRESVAL.....	66
FIGURA 12 - MISTURADOR SILVERSON L4RT E ESTATOR COM ALTA TAXA DE CISALHAMENTO.....	70
FIGURA 13 - REOMÊTRO RAAKE RS1 E SENSOR CONE/PLACA C60/2° Ti-Nr.....	74
FIGURA 14 - MODELO DE TUBO DE CENTRÍFUGA UTILIZADO.....	75

FIGURA 15 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA – PREFERÊNCIA.....	77
FIGURA 16 - FICHA UTILIZADA NO TESTE PERFIL DE ATRIBUTOS.....	78
FIGURA 17 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE ACEITAÇÃO.....	79
FIGURA 18 - FICHA UTILIZADA NO TESTE ATITUDE DE COMPRA OU CONSUMO.....	80
FIGURA 19 - REOGRAMAS DAS FORMULAÇÕES NAS TEMPERATURAS DE 4 E 25°C.....	84
FIGURA 20 - REOGRAMA DAS FORMULAÇÕES A 4°C AJUSTADO S PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA.....	86
FIGURA 21 - REOGRAMA DAS FORMULAÇÕES A 25°C AJUSTAD OS PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA.....	87
FIGURA 22 - VALORES DE n PARA AS CONCENTRAÇÕES DE GX.....	90
FIGURA 23 - DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO ÍNDICE DE COMPORTAMENTO (n) A 4°C.....	93
FIGURA 24 - DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO ÍNDICE DE COMPORTAMENTO (n) A 25°C.....	94
FIGURA 25 - DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO COEFICIENTE DE CONSISTÊNCIA (K) A 4°C.....	95
FIGURA 26 - DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO COEFICIENTE DE CONSISTÊNCIA (K) A 25°C.....	96
FIGURA 27 - VISCOSIDADE APARENTE DAS FORMULAÇÕES A 4°C E 25°C.....	98

FIGURA 28 - VALORES DE VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}) A TAXA DE CISALHAMENTO DE 100 S^{-1} A 4°C E 25°C	99
FIGURA 29 - DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}) A TAXA DE CISALHAMENTO DE 100 S^{-1} , EM TEMPERATURA DE 4°C	100
FIGURA 30 - DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}) A TAXA DE CISALHAMENTO DE 100 S^{-1} , EM TEMPERATURA DE 25°C	101
FIGURA 31 - TODAS AS FORMULAÇÕES A 120 DIAS DE ESTOCAGEM 200X DE AUMENTO.....	103
FIGURA 32 - ESTABILIDADE DAS EMULSÕES AO “CREAMING” NO PERÍODO DE 120 DIAS.....	104
FIGURA 33 - AVALIAÇÃO DOS JULGADORES NO TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA – PREFERÊNCIA DAS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM 0,15% SALSA (461) OU 0,15% DE HORTELÃ (672).....	108
FIGURA 34 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS NOTAS ATRIBUÍDAS PARA AS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ NO TESTE PERFIL DE ATRIBUTOS.....	109
FIGURA 35 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE O VALOR CALÓRICO DAS FORMULAÇÕES 461 E 672 COM DIFERENTES MOLHOS PARA SALADA LIGHT.....	112

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO LEITE INTEGRAL.....	24
TABELA 2 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR CALÓRICO (kcal/100g) EM LEITES E DERIVADOS.....	25
TABELA 3 - CONSUMO PER CAPITA BRASILEIRO DE LEITE E DERIVADOS - 2000/2005.....	25
TABELA 4 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE NOS ESTADOS BRASILEIROS EM MILHÕES DE LITROS, 1998 /2004.....	26
TABELA 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SORO DOCE E ÁCIDO.....	33
TABELA 6 - COMPOSIÇÃO DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL.....	34
TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DOS COMPONENTES DO LEITE ENTRE O SORO E O QUEIJO.....	35
TABELA 8 - MÉTODOS PARA IDENTIFICAR O TIPO DE EMULSÃO.....	38
TABELA 9 - PRINCIPAIS TIPOS DE EMULSÕES EM ALIMENTOS.....	39
TABELA 10 - POLISSACARÍDEOS E SEU USO EM MOLHOS E COBERTURAS.....	45
TABELA 11 - CONTEÚDO TÍPICO DE ÓLEO EM MOLHOS E COBERTURAS.....	48
TABELA 12 - EXEMPLO DE ALIMENTOS COM COMPORTAMENTO REOLÓGICO PSEUDOPLÁSTICOS.....	55
TABELA 13 - MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL.....	67
TABELA 14 - COMPONENTES FIXOS NAS FORMULAÇÕES.....	69

TABELA 15 - DELINEAMENTO PARA SUPERFÍCIES LIMITADAS E MISTURAS AUMENTADO DE 7 TRATAMENTOS SENDO 4 PONTOS CENTRAIS, PARA AS MISTURAS DE APG, GX E CMC.....	72
TABELA 16 - MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES 461 (0,15% SALSA) E 672 (0,15% HORTELÃ).....	81
TABELA 17 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL.....	82
TABELA 18 - PARÂMETROS REOLÓGICOS AJUSTADOS PELO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA NA TEMPERATURA DE 4°C PARA TODAS AS FORMULAÇÕES E REPETIÇÕES.....	88
TABELA 19 - PARÂMETROS REOLÓGICOS AJUSTADOS PELO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA NA TEMPERATURA DE 25°C PARA TODAS AS FORMULAÇÕES E REPETIÇÕES.....	89
TABELA 20 - COEFICIENTES DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA OS PARÂMETROS n , K E η_{ap}	91
TABELA 21 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO PARA OS PARÂMETROS REOLÓGICOS.....	92
TABELA 22 - VISCOSIDADE APARENTE PARA TODAS AS FORMULAÇÕES E REPETIÇÕES.....	97
TABELA 23 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA AS RESPOSTAS COEFICIENTE DE CONSISTÊNCIA (K), ÍNDICE DE COMPORTAMENTO (n) E VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}).....	102
TABELA 24 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NO TESTE TRIANGULAR.....	106
TABELA 25 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NO TESTE DE ACEITAÇÃO E ATITUDE DE COMPRA.....	106

TABELA 26 - CUSTO APARENTE PARA A MATÉRIA-PRIMA NAS FORMULAÇÕES F3, F5 E F7 CONSIDERANDO QUE O SORO NÃO TEVE CUSTO.....	107
TABELA 27 - MÉDIAS DAS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ PARA OS ATRIBUTOS APARÊNCIA, SABOR E CONSISTÊNCIA.....	109
TABELA 28 - ATRIBUTOS DE MAIOR E MENOR PREFERÊNCIA DESCRITOS PELOS PROVADORES PARA CADA AMOSTRA DE MOLHO PARA SALADA COM SORO QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ.....	110
TABELA 29 - PREFERÊNCIA E ATITUDE DE COMPRA PARA AS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ.....	111
TABELA 30 - ANÁLISES QUÍMICAS DAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADAS COM SALSA OU HORTELÃ.....	112

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - TIPOS DE DISPERSÕES COLOIDAIIS EM ALIMENTOS.....	37
QUADRO 2 - EQUAÇÃO CONSTITUTIVA PARA ALGUNS MODELOS REOLÓGICOS E OS VALORES DE τ_0 , k E n PARA ESSES FLUIDOS.....	58

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABIQ – Associação Brasileira das Indústrias de Queijo

LANARA – Laboratório de Análises de Alimentos de Origem Animal

IAL – Instituto Adolfo Lutz

RIISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

UDESC – “UNITED STATES DAIRY EXPORT COUNCIL”

APG – Alginato de Propileno Glicol

GX – Goma Xantana

CMC – Carboximetilcelulose

BHT – Butil hidroxitolueno

pI – Ponto isoelétrico

O/A – Óleo em água

A/O – Água em óleo

τ – Tensão de cisalhamento

γ – Taxa de cisalhamento

η – Viscosidade

η_{ap} – Viscosidade aparente

K – Coeficiente de consistência

n – Índice de comportamento

LP – Lei da potência (Ostwald-de-Waelle)

R^2 – Coeficiente de determinação

χ^2 – Qui-quadrado

SQR – Soma do quadrado do resíduo

Ep – Erro padrão

SQ - Soma dos quadrados

GL - Grau de liberdade

QM - Quadrado da média

NMP – Número mais provável

UFC – Unidade formadora de colônia

n_0 – Tamanho inicial da amostragem

t – valor de tabela t de Student, com nível de significância de 95%

d – Percentagem de erro em torno da média, 5%

S^2 – Variância populacional ou sua estimativa

X_i – Fatores de mistura

a_i – Limite inferior – proporção original mínima

b_i – Limite superior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	OBJETIVOS.....	21
1.1	OBJETIVO GERAL.....	21
1.2	OBJETIVOS SPECÍFICOS.....	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1	LEITE E PRODUTOS LÁCTEOS.....	23
2.1.1	Componentes do leite.....	27
2.1.1.1	Proteínas.....	27
2.1.1.1.1	Caseínas.....	27
2.1.1.1.2	Proteínas hidrossolúveis.....	28
2.1.1.2	Lactose.....	31
2.1.1.3	Sais.....	31
2.1.2	Queijo Minas frescal.....	32
2.1.3	Soro de queijo.....	33
2.2	SISTEMAS COLOIDAIIS.....	36
2.2.1	Emulsão.....	37
2.2.1.1	Estabilidade da emulsão.....	39
2.2.1.1.1	Floculação.....	40
2.2.1.1.2	Coalescência.....	41
2.2.1.1.3	Formação de creme ou “creaming”.....	41
2.2.1.1.4	Inversão.....	42
2.2.1.2	Emulsificantes/estabilizantes.....	43
2.2.1.2.1	Alginato de Propileno Glicol.....	45

2.2.1.2.2	Goma Xantana.....	46
2.2.1.2.3	Carboximetilcelulose.....	47
2.2.1.3	Molho para salada.....	48
2.3	REOLOGIA E VISCOSIDADE.....	49
2.3.1	Fluidos Newtonianos.....	52
2.3.2	Fluidos não – Newtonianos.....	53
2.3.2.1	Fluidos não – Newtonianos independentes do tempo.....	54
2.3.2.1.1	Plásticos de Bingham.....	54
2.3.2.1.2	Pseudoplásticos.....	55
2.3.2.1.3	Dilatante.....	56
2.3.2.2	Fluidos não – Newtonianos dependentes do tempo.....	56
2.3.2.3	Fluidos viscoelásticos.....	57
2.3.3	Modelos reológicos.....	57
2.3.3.1	Modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência).....	58
2.3.4	Reologia de molhos e coberturas.....	59
2.4	ANÁLISE SENSORIAL.....	60
2.4.1	Método sensorial descritivo.....	61
2.4.2	Método sensorial discriminativo.....	62
2.4.3	Método sensorial afetivo.....	62
2.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	63
2.5.1	Delineamento para Misturas.....	63
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	65
3.1	MATERIAL.....	65
3.2	MÉTODOS.....	65
3.2.1	Coleta e armazenamento do soro de queijo.....	65
3.2.2	Caracterização físico-química do soro de queijo.....	67

3.2.2.1	Amostragem.....	68
3.2.3	Preparo das emulsões.....	68
3.2.3.1	Delineamento experimental.....	70
3.2.4	Comportamento reológico e superfície de resposta.....	73
3.2.5	Estabilidade das emulsões.....	75
3.2.5.1	Microscopia.....	75
3.2.5.2	“Creaming”.....	75
3.2.6	Análises microbiológicas.....	76
3.2.7	Análise Sensorial.....	76
3.2.7.1	Teste triangular.....	76
3.2.7.2	Teste de comparação pareada-preferência.....	77
3.2.7.3	Perfil de atributos.....	78
3.2.7.4	Análise afetiva.....	79
3.2.7.5	Teste atitude de compra ou consumo.....	80
3.2.8	Análises químicas.....	81
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	82
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL.....	82
4.2	COMPORTAMENTO REOLÓGICO E SUPERFÍCIE DE RESPOSTA.....	83
4.3	ESTABILIDADE DA EMULSÃO.....	103
4.3.1	Microscopia.....	103
4.3.2	“Creaming”.....	104
4.4	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	105
4.5	ANÁLISE SENSORIAL.....	107
4.5.1	Teste triangular.....	107

4.5.2	Teste de comparação pareada-preferência.....	108
4.5.3	Teste de perfil dos atributos aparência, sabor e consistência.....	108
4.5.4	Teste de aceitação.....	110
4.5.5	Teste afetivo quanto à preferência e a atitude de compra do molho para salada para as formulações 461 (0,15% salsa) e 672 (0,15% hortelã).....	111
4.6	ANÁLISES QUÍMICAS.....	111
5	CONCLUSÕES.....	113
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	115
	REFERÊNCIAS.....	116

1 INTRODUÇÃO

O queijo é um alimento industrializado e comercializado mundialmente e há uma grande variedade desse produto lácteo no mercado. Deve ser mencionado que, o queijo Minas frescal é tipicamente brasileiro e que são inúmeros os processos utilizados os quais geram soro com características distintas. Utilizou-se então, como matéria-prima, neste trabalho, o soro oriundo do processo onde a salga é realizada ainda na massa no tanque de coagulação, esse subproduto tem sido pouco aproveitado na indústria e seu destino de forma preponderante é a alimentação animal.

Atualmente, há uma preocupação cada vez maior dos laticínios com relação a esse subproduto, uma vez que é menor o custo da sua utilização como matéria-prima do que proceder ao seu tratamento, considerando o alto valor agregado que os produtos elaborados com o soro podem vir a ter.

Além do elevado valor nutritivo, as proteínas do leite (tanto as caseínas como as lactoglobulinas e lactoalbuminas) conferem aos produtos formulados melhor aparência e melhores características sensoriais, em virtude de suas propriedades funcionais, destacando-se: solubilidade e dispersibilidade, opacidade, retenção de gordura, retenção de água, emulsificação, viscosidade, estabilidade térmica, gelificação e formação de filmes (LAWSON, 1994; CHEN, 1995). Além do que, a adição de proteínas do soro de leite a alimentos de base, segundo ensaios efetuados com equipes de provadores, não altera a qualidade sensorial desses alimentos (PRATES; MATEUS, 2002).

Países como Estados Unidos, Austrália, Canadá, Nova Zelândia e nações da União Européia processam este subproduto reconhecendo-o como ingrediente funcional e agregando valor à linha de produção da indústria láctea (ANTUNES, 2003). No Brasil, o soro produzido é pouco utilizado, tal fato pode ser constatado com os dados disponíveis no MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior). Nestes dados o soro sobressai dos demais produtos lácteos, por apresentar um dos maiores déficits com US\$ 2,6 milhões no mês de dezembro e US\$ 35,4 milhões no acumulado de janeiro a dezembro de 2006 (SELECTUS, 2006).

O baixo aproveitamento do soro deve-se em parte pelo custo elevado que representa aos pequenos produtores de queijo a aquisição de secadores e equipamentos de separação das frações, de modo a agregar valor na elaboração de

produtos. Há no Brasil tecnologia para beneficiamento do soro e leite para produção de soro em pó, soro desmineralizado, concentrado protéico, lactose, bebidas aromatizadas, ácido láctico, recuperação de gordura e de caseína. Todavia, este processo ainda tem sido considerado inaceitável por alguns dos pequenos e médios laticínios (CASTRO; NEVES, 2001).

Ao se fazer uma análise da situação pode-se constatar então, que o alto volume de soro produzido e desperdiçado, bem como, os valores nutricionais, propriedades funcionais e farmacêuticas dessa matéria-prima e o fator agravante, alto custo para a secagem, geram a necessidade do desenvolvimento de alternativas para utilização do soro *in natura* como matéria-prima.

O soro deve ser utilizado da melhor maneira possível, de modo a maximizar o valor obtido pelo produto (CARVALHO; ALVIM; MARTINS, 2005). Os molhos de salada e maioneses pertencem a uma categoria ativa no quesito desenvolvimento de produtos, com mais de 260 novos produtos introduzidos nos EUA em 2003, de acordo com Mintel's Global New Products Database (GNPD, Chicago) (O'DONNELL; STIER, 2004). O presente trabalho tem por objetivo utilizar o soro de queijo Minas frescal em molho para saladas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Utilizar o soro de queijo Minas frescal em emulsão óleo em água (O/A), tipo molho para salada, estabilizada por Alginato de Propileno Glicol, Goma Xantana e Carboximetilcelulose.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as propriedades físico-químicas do soro de queijo Minas frescal;
- Avaliar combinações ternárias, com diferentes proporções entre si, de Alginato de Propileno Glicol (APG), Goma Xantana (GX) e Carboximetilcelulose (CMC) utilizando o delineamento de superfícies limitadas e misturas;
- Descrever o comportamento reológico das emulsões a 4°C e 25°C ajustando os dados reológicos pelo modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência);
- Avaliar por Metodologia de Superfície de Resposta a importância dos estabilizantes APG, GX e CMC, em diferentes proporções, nos parâmetros reológicos obtidos pelo modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência);
- Analisar a estabilidade das emulsões no período de 120 dias utilizando microscopia e metodologia para avaliação de “creaming”;
- Selecionar as emulsões com maior estabilidade e viscosidade aparente (η_{ap}); e de menor custo da matéria-prima, para serem utilizadas na análise sensorial;
- Aplicar testes sensoriais para definir a melhor formulação, verificar aceitabilidade, atitude de compra e consumo das formulações finais, acrescidas de salsa e hortelã;
- Definir a melhor proporção entre os estabilizantes APG, GX e CMC, baseando-se nos dados de viscosidade aparente (η_{ap}), estabilidade e custo da matéria-prima;
- Caracterizar quimicamente e determinar o valor calórico das formulações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 LEITE E PRODUTOS LÁCTEOS

O leite é o líquido secretado pelas glândulas mamárias, tanto do ser humano, como dos animais mamíferos, cujo fim é servir de alimento ao recém – nascido. Em termos tecnológicos, o conceito de leite se refere unicamente ao leite de vaca, obtido como leite cru em propriedade agrícola e que posteriormente é tratado em centrais leiteiras. Quando se tratar de leite de outra espécie deve-se indicar a mesma (SPREER, 1991).

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), artigo 475, “entende-se por leite, sem outra especificação, ao produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas” (BRASIL, 1997a). Representa a secreção trifásica da glândula mamária, onde se encontram glóbulos de gordura emulsificados, micelas de caseína dispersas e demais proteínas, lactose, vitaminas e sais orgânicos e inorgânicos dissolvidos na fase contínua que é a água. Pode-se dizer que o leite é formado por três fases: uma emulsão, uma dispersão coloidal e uma solução (ANTUNES, 2003).

Do ponto de vista biológico, o leite tem sido classificado como um dos alimentos mais completos por apresentar, teor elevado em proteínas e sais minerais, ocupa uma posição única dentre muitos alimentos, principalmente pelo fato de representar o alimento essencial para o homem e para todos os animais mamíferos durante a primeira fase de vida (SPREER, 1991).

A composição do leite (TABELA 1) pode variar de acordo com os seguintes fatores: raça, período de lactação, alimentação, saúde, período de cio, idade, características individuais, clima, espaço entre as ordenhas e estação do ano (GUIMARÃES, 2006).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO LEITE INTEGRAL

PRINCIPAIS COMPONENTES	%	SUB-COMPONENTES	SUB SUB-COMPONENTES
Água	86,8	–	Vitaminas hidrossolúveis (B e C)
Lactose	4,8	Galactose Glicose	-
Gordura	4,4	Ácidos graxos	Mono, di e tri
		Glicerídeos	Lecitina
		Fosfolipídeos	Colesterol
		Esteróides Vitaminas	A, D, E e K
Proteína	3,3	Caseína (75 - 80%)	
		Proteínas de soro de leite (20%)	β - lactoglobulina, α -lactoalbumina, Imunoglobulina
		Microproteínas	Enzimas e hormônios
Minerais	Traços	Macro mineral	Ca, P, K, Cl, Na, Mg
		Micro mineral	Zn, Cr, I, F, Fe, Cu, Co, Mn
Outros	Traços	Elementos traços	Hormônios, enzimas, dentre outros

FONTE: MAIJALA (2000)

De acordo com o Codex Alimentarius (1996) produto lácteo é aquele obtido a partir do leite com a incorporação apenas de aditivos alimentares, coadjuvantes de elaboração e outros ingredientes funcionais necessários para o processo de fabricação. A composição centesimal e o valor calórico do leite e seus derivados estão descritos na tabela 2.

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR CALÓRICO (kcal/100g) EM LEITES E DERIVADOS

ALIMENTOS	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (g/100g)					
	Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteína*	Carboidratos	Kcal
Doce de leite	26,87	1,04	6,88	5,38	58,14	316
Leite A	87,27	0,59	3,80	3,28	4,91	67
Leite B	87,31	0,56	3,80	3,22	5,11	68
Leite em pó integral	2,98	5,34	25,72	25,68	40,19	495
Manteiga	15,39	1,90	82,15	0,24	-	740
Q. Minas	43,70	3,74	29,21	23,11	-	355
Q. mussarela	47,10	3,59	23,14	25,16	-	309
Q. parmesão	32,10	3,98	34,84	28,12	-	426
Q. prato	43,20	2,59	27,02	25,60	-	346
logurte	85,87	0,71	2,16	4,29	5,26	58

FONTE: Adaptado de TORRES *et al.* (2000)

NOTA: * Fator de conversão do nitrogênio em proteína - 6,38.

No Brasil, a indústria de laticínios é bastante expressiva, apresentando elevado nível de desenvolvimento tecnológico, o que pode ser demonstrado pela grande variedade de produtos derivados existentes no mercado. Um aumento da produção de leite e derivados lácteos vem ocorrendo como resultado da crescente demanda por produtos de maior praticidade, sobretudo em grandes cidades (OLIVEIRA, 2003 *apud* LONGO¹, 2006). Na tabela 3 pode ser observado o consumo de leite e derivados no período que vai de 2000-2005 e na tabela 4 confirma-se a evolução da produtividade leiteira no Brasil distribuída entre os Estados nos anos de 1998 - 2004.

TABELA 3 - CONSUMO PER CAPITA BRASILEIRO DE LEITE E DERIVADOS - 2000/2005

PRODUTO	Kg/pessoa/ano					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Leite fluido	72,3	69,7	68,3	68,1	69,2	70,8
Queijos	2,6	2,6	2,7	2,5	2,5	2,6
Manteiga	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Leite em pó integral	2,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Leite em pó desnatado	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6

FONTE: USDA (2006)

¹ OLIVEIRA, C. A. F. Qualidade do leite no processamento de derivados. In: GERMANO, P. M.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**, 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2003, parte 5, p. 91-102.

TABELA 4 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE NOS ESTADOS BRASILEIROS EM MILHÕES DE LITROS, 1998 /2004

Brasil/Estado/Região	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Variação % (2004/2003)
Brasil	18.694	19.070	19.767	20.510	21.644	22.253	23.475	5,5
Norte	903	958	1.050	1.237	1.562	1.498	1.663	11,0
Pará	311	311	380	459	577	585	639	9,2
Rondônia	372	409	422	476	644	559	646	15,6
Tocantins	140	153	156	166	186	201	215	7,0
Acre	33	37	41	86	104	100	109	9,0
Amazonas	35	36	37	38	40	42	43	2,4
Roraima	9	10	10	9	8	8	7	-12,5
Amapá	3	3	4	3	3	3	3	0,0
Nordeste	2.070	2.042	2.159	2.266	2.366	2.507	2.705	7,9
Bahia	683	672	725	739	752	795	842	5,9
Pernambuco	286	266	292	360	392	376	397	5,6
Ceará	313	325	332	328	341	353	363	2,8
Alagoas	245	215	218	244	224	241	243	0,8
Maranhão	138	143	150	155	195	230	287	24,8
Rio Grande do Norte	130	129	145	143	158	174	201	15,5
Sergipe	118	122	115	113	112	139	157	12,9
Paraíba	87	96	106	106	117	126	137	8,7
Piauí	71	73	77	78	75	74	76	2,7
Sudeste	8.465	8.540	8.574	8.573	8.748	8.933	9.241	3,4
Minas Gerais	5.688	5.801	5.865	5.981	6.177	6.320	6.629	4,9
São Paulo	1.982	1.913	1.861	1.783	1.748	1.785	1.739	-2,6
Rio de Janeiro	455	458	469	447	447	449	467	4,0
Espírito Santo	340	368	378	362	375	379	406	7,1
Sul	4.411	4.606	4.904	5.188	5.508	5.779	6.246	8,1
Rio Grande do Sul	1.915	1.975	2.102	2.222	2.330	2.306	2.365	2,6
<u>Paraná</u>	<u>1.625</u>	<u>1.725</u>	<u>1.799</u>	<u>1.890</u>	<u>1.985</u>	<u>2.141</u>	<u>2.394</u>	<u>11,8</u>
Santa Catarina	871	907	1.003	1.076	1.193	1.332	1.487	11,6
Centro-Oeste	2.845	2.924	3.080	3.246	3.460	3.534	3.620	2,4
Goiás	1.979	2.066	2.194	2.322	2.483	2.523	2.538	0,6
Mato Grosso	406	411	423	443	467	491	551	12,2
Mato Grosso do Sul	427	409	427	445	472	482	491	1,9
Distrito Federal	33	37	36	37	37	38	39	2,6

FONTE: IBGE (2006)

2.1.1 Componentes do leite

2.1.1.1 Proteínas

O conteúdo de proteínas no leite depende muito da alimentação do animal e oscila entre 3,0% e 3,6%. Os componentes estruturais básicos das proteínas são os aminoácidos formados por ligações distintas (peptídicas, pontes dissulfeto, pontes hidrogênio e ligações iônicas), que formam as estruturas polipeptídicas, que se unem entre si formando as proteínas (SPREER, 1991). Há dois tipos de aminoácidos: os não essenciais que podem ser sintetizados pelo organismo a partir da alimentação e os essenciais (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina), que devem ser obtidos mediante dieta ou suplementação (ANTUNES, 2003).

Segundo SGARBIERI (1996) as proteínas do leite têm sido classificadas em quatro grupos: caseínas, proteínas hidrossolúveis, proteínas das membranas dos glóbulos de gorduras e outras. Já para Antunes (2003) essa classificação se resume em 3 grupos: caseínas, proteínas do soro, incluindo proteínas presentes em quantidades muito pequenas e enzimas; e proteínas associadas com a fase gordurosa ou lipídica, sendo identificadas como componentes da membrana do glóbulo de gordura do leite.

2.1.1.1.1 Caseína

A caseína representa cerca de 80% das proteínas do leite, sendo encontrada no mesmo em concentrações que variam de 2,5% a 3,5% (ANTUNES, 2003). É precipitada por acidificação do leite em pH 4,6 a 20°C. As proteínas que permanecem em solução, nestas condições, podem ser obtidas por precipitação com sulfato de amônio (SGARBIERI, 1996).

A caseína é uma fosfoproteína e estabelece ligações com o cálcio. A união com o cálcio proporciona certa estabilidade a essa proteína, motivo pelo qual não coagula no ponto de ebulição do leite. Outros elementos que se unem à caseína são enxofre e oxigênio (SPREER, 1991).

2.1.1.1.2 Proteínas hidrossolúveis

Quando a caseína é removida do leite, o líquido remanescente recebe o nome de soro de leite ou soro de queijo, as proteínas do soro representam cerca de 20% das proteínas do leite, sendo as duas principais as globulinas (corresponde a 16-18%) e as albuminas (2-4%), mas estão presentes também a soralbumina (BSA), as imunoglobulinas (Ig), lactoferrina, transferrina, lactoperoxidase, glicomacropéptido e proteose-peptona. As albuminas e globulinas representam grupos de substâncias que se subdividem de acordo com sua capacidade de precipitação com sulfato de amônia (SPREER, 1991; SGARBIERI, 1996). Uma relação das proteínas do soro mais importantes e suas características estão descritas abaixo:

β - Lactoglobulinas

Com massa molecular - 18.000 Daltons e 162 resíduos de aminoácidos. Este grupo inclui oito variantes genéticas, compreendem aproximadamente a metade das proteínas totais do soro (GOFF, 2006).

A β -lactoglobulina tem duas ligações dissulfeto intermoleculares e um grupo tiol livre (GOFF, 2006). Esses resíduos de aminoácidos sulfurados são importantes, pois facilitam a polimerização protéica pela formação de ligações dissulfídicas intermoleculares durante o processamento em temperatura elevada e armazenamento (ANTUNES, 2003). A conformação inclui a estrutura secundária e existe naturalmente como um dímero estável de duas subunidades monoméricas que não estão unidas covalentemente (WALSTRA; JENNESS, 1987). No ponto isoelétrico (pI), pH 3,5 – 5,2, os dímeros tendem a formar octâmeros, em pH abaixo de 3,4 se dissociam em monômeros (GOFF, 2006).

Sua desnaturação é dependente do tempo de exposição à temperatura. Acima de 70°C ocorrem extensivas alterações de conformação, com exposição de SH e NH₂. Sofre desnaturação e polimerização irreversíveis com a formação de ligações S-S intermoleculares. No estado nativo é solúvel no pI, capaz de ligar compostos hidrofóbicos e formar gel, espuma e emulsão. No estado desnaturado é sensível aos íons Ca²⁺. (ANTUNES, 2003).

α -Lactoalbuminas

Com massa molecular - 14.000 Daltons e 123 resíduos de aminoácidos. Estas proteínas contêm oito grupos de cisteína todas unidas por ligações dissulfeto. As α -lactoalbuminas têm uma estrutura secundária esférica compacta, em pH 6,6 e acima deste, aparece como monômeros (GOFF, 2006). Desnatura-se a 65,2°C em pH 6,7 sendo 90% da desnaturação revertida com resfriamento, essa alta capacidade de renaturar-se explica sua aparente resistência térmica. Liga-se aos íons Ca^{2+} , Zn^{2+} e outros íons metálicos, sendo o cálcio um estabilizador de sua estrutura, portanto a remoção desse torna essa proteína suscetível à desnaturação térmica (ANTUNES, 2003). Tem ponto isoelétrico em torno de pH 4,65 (SPREER, 1973).

Soralbumina bovina (BSA)

Com massa molecular – 69.000 Daltons e 582 resíduos de aminoácidos. Essa proteína tem sido isolada na forma cristalina a partir do soro de leite. Apresenta um grupo sulfídrico (-SH) livre na posição 34 (N-terminal) e 17 pontes dissulfeto intramolecular. Em pHs baixos ocorrem associações intermoleculares que são aparentes na eletroforese (SGARBIERI, 1996).

Imunoglobulinas

O termo é aplicado para uma família de proteínas produzidas pelos linfócitos B, com elevada massa molecular e propriedades físicas, químicas e imunológicas semelhantes (KORHONEN; MARNILA; GILL, 2000).

Existem três classes gerais de imunoglobulina: IgG (G_1 e G_2), IgA e IgM, todas com funções próprias, são proteínas que se ligam de forma específica ao antígeno mediando dessa forma a resposta imunológica (SGARBIERI, 1996).

Lactoferrina

É uma metaloproteína que se liga fortemente a dois átomos de ferro por mol de proteína (PM 86.100). A lactoferrina é uma proteína básica com o ponto isoelétrico (pI) em pH 8,0. Com o conteúdo normal de ferro essa proteína é bastante resistente à desnaturação térmica, química e a ação enzimática (SGARBIERI, 1996).

Transferrina

É encontrada em pequena quantidade no leite e em maior concentração no colostro. A transferrina pode ser diferenciada da lactoferrina com base em propriedades físico-químicas, imunológicas e eletroforéticas (SGARBIERI, 1996).

Lactoperoxidase

A lactoperoxidase pertence à família das peroxidases, um grupo de enzimas largamente distribuídas na natureza. Catalisa reações oxidativas onde o peróxido de hidrogênio é sempre um dos reagentes. Tal como a lactoferrina, é uma proteína básica, o seu ponto isoelétrico (pI) ocorre a pH 9,6 e tem aplicação como antimicrobiano natural em produtos alimentícios e não alimentares (KUSSENDRAGER; VAN HOOIJDONK, 2000).

Glicomacropéptido

A hidrólise da κ -caseína do leite durante o fabricação do queijo, reação catalisada pela quimosina, libera a para- κ -caseína que permanece na coalhada e um péptido terminal de 64 aminoácidos (8 kDa), o glicomacropéptido (GMP, também designado por caseinomacropéptido ou caseinoglicomacropéptido), com cerca de 10% de sua massa em sacarídeos que permanece no soro. Este péptido, inexistente no soro ácido, representa de 15 a 20% do total das proteínas do soro doce (BRODY, 2000).

Proteose-peptona

ANDREWS e ALICHANIDIS (1983) identificaram 38 peptídeos da fração das proteínas do soro resistentes ao aquecimento (95 °C a 100°C durante 30 min) e insolúveis em ácido tricloroacético (8% a 12%), características químicas que definem as proteose-peptonas. Muitos destes peptídeos resultam da proteólise da β -caseína, por ação de proteínases ou da plasmina do leite.

2.1.1.2 Lactose

A lactose é o açúcar do leite, sendo o componente que se apresenta em maior quantidade no soro. Quimicamente pode ser definida como um dissacarídeo composto pelos monossacarídeos glicose e galactose, possui dois isômeros a α -lactose e a β -lactose, que formam uma mistura em equilíbrio na água a 20°C, nas proporções de 63% e 37%, respectivamente (EVANS, 1986; SPREER, 1991).

A lactose não é tão doce quanto os outros açúcares, sacarose, glicose e frutose, mas em concentrações maiores é relativamente mais doce. Assim por exemplo, soluções de sacarose de 1%, 5%, 10% e 20% tem o mesmo poder edulcorante que soluções de lactose a 3,5%; 15%; 30% e 33% (WALSTRA; JENNESS, 1987).

2.1.1.3 Sais

Nem todos os sais encontram-se em solução, as micelas de caseína contêm fosfato de cálcio não dissolvido e traços de citrato, o primeiro se denomina de fosfato de cálcio coloidal. Alguns cátions como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} se associam às proteínas carregadas negativamente, também podem ser encontradas pequenas quantidades de outros íons, como Cl^- . Quase todos os sais do leite se encontram no soro e nas micelas de caseína e uma quantidade mínima unida aos glóbulos de gordura. O leite possui ainda na composição fósforo, na forma de ortofosfato, e enxofre ($0,36 \text{ g.kg}^{-1}$) (WALSTRA; JENNESS, 1987).

2.1.2 Queijo Minas frescal

Segundo a portaria nº 352 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, o queijo Minas frescal é um queijo fresco obtido pela coagulação enzimática do leite com coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não com a ação de bactérias lácticas específicas. É classificado como um queijo semi-gordo, de umidade elevada, a ser consumido fresco, de consistência branda e macia, com ou sem olhaduras mecânicas, de cor esbranquiçada, de sabor suave a levemente ácido, sem ou com crosta fina, de forma cilíndrica e com peso de 0,3 a 5Kg (BRASIL, 1997b).

A partir da década de 80, o volume de produção do queijo Minas frescal superou o do queijo Minas curado. O queijo Minas frescal até então representava apenas 1/3 do total fabricado dentre as duas variedades (SANTOS, 2004). A produção desse queijo no Brasil aumentou de 16.100 toneladas, em 1993, para 42.700 toneladas, em 2000, colocando-o em terceiro lugar na lista dos queijos mais produzidos do país, logo a seguir aos tipos Mussarela e Prato (DATAMARK², 2001 *apud* CUNHA *et al.*, 2002). Já em 2002, foram produzidas 31.762 toneladas de queijo Minas frescal, sendo que em 2005 a produção nacional totalizou 510 mil toneladas de queijo (BARROS *et al.*, 2004; ABIQ, 2005). Dessa produção no Paraná foram 61 toneladas de Minas frescal produzido sob a inspeção estadual da Secretária da Agricultura e do Abastecimento.

Tem grande importância para o setor produtivo nacional, pois trata-se de um queijo com excelente rendimento de fabricação e com ampla aceitação no mercado (BIOTEC, 1999). É um dos queijos mais populares do Brasil, embora seja semelhante ao “Queso Blanco” (queijo branco), fabricado em outros países da América Latina, pode ser considerado tipicamente brasileiro e teve a sua origem nas fabricações caseiras difundidas no Estado de Minas Gerais (LOURENÇO NETO, 1999).

Devido aos diferentes métodos de fabricação, tornou-se um queijo bastante irregular em termos de padrões de consistência, textura, sabor, rendimento e durabilidade, apresentando curto tempo de vida útil, mesmo sob condições adequadas de refrigeração (OLIVEIRA, 1986; FURTADO; NETO, 1994).

² DATAMARK. Queijo Minas Frescal. www.datamark.com.br. 20 dez. 2001.

Diversas tentativas têm sido feitas para levar à padronização desse queijo no território nacional, já que há um consenso sobre a importância desse produto e a grande variedade de tipos similares no mercado, daí a denominação comum “Minas” (FURTADO, 1983).

2.1.3 Soro de queijo

É um líquido de cor amarelada que se separa da coalhada durante a fabricação de queijo (ROLLAND, 1991). Do ponto de vista industrial existem dois tipos de soro: soro ácido (pH < 5,1) e soro doce (pH > 5,6).

O soro ácido é o subproduto da fabricação de queijo fresco, resultado da acidificação do leite com adição direta de ácido, ou por produção *in situ* de ácido resultante da fermentação láctica. O soro doce, subproduto da produção de queijo, é obtido após o tratamento do leite com quimosina; esta enzima ataca especificamente a κ -caseína libertando o polipeptídeo C-terminal de 64 aminoácidos que aparece no soro doce, o glicomacropéptido (MULVIHILL; DONOVAN, 1987).

O soro, de modo geral seja doce ou ácido, representa de 85% a 90% do volume de leite utilizado na fabricação de queijos, retendo ao redor de 55% dos nutrientes do leite (SISO, 1996). As composições do soro doce e ácido estão descritas na tabela 5 e na tabela 6 está a composição do soro doce oriundo da fabricação de queijo Minas frescal.

TABELA 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SORO DOCE E ÁCIDO

COMPONENTES (%)	SORO DOCE*	SORO ÁCIDO**
Umidade	93,4	93,5
Proteína	0,8	0,7
Gordura	0,5	0,4
Lactose	4,9	4,9
Cinzas	0,5	0,8

FONTE: MELLO (1989)

NOTA: *obtido a partir de coagulação enzimática, **obtido a partir de coagulação com adição de ácido láctico.

TABELA 6 - COMPOSIÇÃO DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL

COMPONENTES (%)	SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL
Sólidos totais	6,0
Proteínas	0,8
Lactose	4,7
Cinzas	0,5
pH	6,47

FORNE: PRUDENCIO; BENEDET (1999)

As proteínas presente no soro de queijo são conhecidas pela versatilidade de suas propriedades funcionais e tecnológicas como integrantes em produtos alimentícios, em especial por sua elevada solubilidade e capacidade de geleificação. Recentemente, foram atribuídas a essas proteínas propriedades funcionais fisiológicas, capazes de produzir um importante controle na modulação do metabolismo e nos mecanismos de defesa dos organismos animal e humano (CAPITANI *et al*, 2005).

De acordo com estimativas recentes produz-se mundialmente 286 milhares de toneladas de soro de leite por dia, essa produção diária pode providenciar uma média de 2,4 milhares de toneladas de proteínas que, podem satisfazer às necessidades protéicas diárias de 35 milhões de pessoas (TORRES, 2005).

Trabalhos recentes têm demonstrado que as proteínas do soro apresentam algumas vantagens em relação à caseína. Como as diferenças fundamentais no metabolismo e na ação fisiológica da caseína e das proteínas do soro, que não sofrem alterações conformacionais pelos ácidos estomacais. Ao atingirem o intestino delgado, estas são rapidamente digeridas e seus aminoácidos absorvidos, elevando rapidamente a concentração aminoacídica do plasma e estimulando a síntese de proteínas nos tecidos (PACHECO *et al.*, 2005).

Em função do exposto, alguns pesquisadores classificaram essas proteínas como proteínas de metabolização rápida, adequadas para situações de estresse metabólico em que a reposição de proteínas no organismo se torna emergencial (SGARBIERI, 2004). O IEP (Índice de Eficiência Protéica) é mais elevado nas proteínas do soro (>3,0) do que na caseína (2,5) e no concentrado de proteína de soja (2,2) (UDESC, 1997; ANTUNES, 2003). Proteínas com IEP acima de 2,5 são consideradas proteínas de alta qualidade, o que classifica então, as proteínas do soro como excelentes proteínas do ponto de vista nutricional (UDESC, 1997).

Na composição do soro podem ser encontrados 94% da lactose do leite (TABELA 7), ainda 20% das proteínas e grande parte das vitaminas hidrossolúveis e sais minerais. Estes componentes são os responsáveis pela alta putrescibilidade do soro de queijo, propriedade que, em termos ambientais, torna obrigatório um sistema integrado de tratamento deste subproduto (SMITHERS *et al.*, 1996).

TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DOS COMPONENTES DO LEITE ENTRE O SORO E O QUEIJO

COMPONENTES	SORO	QUEIJO
Água	94%	6%
Gordura	6%	94%
Caseína	4%	96%
Albuminas	96%	4%
Lactose	94%	6%

FONTE: DAIRY MANAGEMENT (2006)

No Brasil, a produção de bebidas lácteas é uma das principais opções de aproveitamento do soro do leite, e as mais comercializadas são as bebidas fermentadas, com características sensoriais semelhantes ao iogurte, e bebidas lácteas não-fermentadas. Contudo, o aproveitamento desse subproduto atinge apenas 15% do total de soro produzido, com a produção nacional, em 2002, estimada em 470 milhares de toneladas (CAPITANI *et al.*, 2005). Deve-se considerar que o soro não aproveitado possui uma DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) entre 30.000 a 60.000 mg de O₂/L, dependendo do processo utilizado na elaboração do queijo. Em média cada tonelada de soro não tratado e despejado por dia no sistema de tratamento de esgoto, equivale à poluição diária de 470 pessoas e seu lançamento direto em corpos receptores contribui com o processo de eutrofização degradando o corpo aquático e assim restringindo seu uso (GUEDES, 1998; CEBALLOS; KONIG; LIMA, 2000).

Outro ponto relevante ao assunto é o fato de no Brasil os dados sobre a disponibilidade do soro de queijo serem imprecisos, sabe-se, com certeza, que em torno de 35% da produção de leite no país é destinada à fabricação de queijos (CARVALHO; ALVIM; MARTINS, 2005). Mas apenas estima-se um volume de 145 milhões kg/ano de soro gerados, tal imprecisão deve-se a produção por pequenas empresas que, evitando o custo do tratamento e sem fiscalização efetiva das autoridades, opta pela utilização parcial deste subproduto na alimentação animal, sendo o excedente descartado nos rios (ORCHARD, 1972; VOORBERGEN; ZWANENBERG, 2002).

Uma solução seria a implantação de cooperativas de secagem, mas para tal necessita-se de maiores esclarecimentos e de estímulo para o maior aproveitamento desse subproduto. Enquanto no Brasil acredita-se que a principal vantagem em utilizar o soro na sua forma líquida é por ser um ingrediente de baixo custo, contendo 95% de água, em países como os EUA a valorização ocorre devido aos 5% de nutrientes que podem ser explorados com valor agregado muito maior, como ingrediente saudável para atletas, saciador de apetite e possuidor de propriedades farmacêuticas, entre outros benefícios (CARVALHO, 2005).

2.2 SISTEMAS COLOIDAIS

Colóides são sistemas no qual um ou mais dos componentes apresentam pelo menos uma de suas dimensões dentro do intervalo de 1 nm (10^{-9} mm) a 1 μ m (10^{-6} mm); ou seja, abrange tanto moléculas grandes como pequenas partículas. O termo “microeterogêneo” constitui uma descrição apropriada para a maior parte dos sistemas coloidais. Não existe, contudo, uma separação nítida entre sistemas coloidais e sistemas não-coloidais, mesmo nas proximidades do limite superior das dimensões do estado coloidal. O tamanho das gotas presentes em emulsões é superior a 1 μ m, contudo é conveniente tratar as emulsões como sistemas coloidais (SHAW, 1975).

Shaw (1975) sugeriu classificar os sistemas coloidais em três grupos: dispersões coloidais; soluções verdadeiras e colóides de associação. Para Melik e Fogler (1988), os dois últimos são termodinamicamente estáveis e constituem sistemas reversíveis a floculação, enquanto o primeiro sistema é instável termodinamicamente e irreversível após a separação das fases.

Nos alimentos, os colóides formam os mais importantes sistemas reguladores do conteúdo e tipo de água presente (BOBBIO; BOBBIO, 1992). As dispersões coloidais mais freqüentes em alimentos estão descritas no quadro 1.

FASE DISPERSA F_1	FASE DISPERSANTE OU MEIO DE DISPERSÃO F_2	F_1/F_2	CLASSIFICAÇÃO	EXEMPLOS
Sólido	Líquido	S/L	Sol	Solução de pectina
Líquido	Líquido	L/L	Emulsão	Maionese
Gás	Líquido	G/L	Espuma	Clara de ovo batida
Gás	Sólido	G/S	Espuma sólida	Sorvete

QUADRO 1 - TIPOS DE DISPERSÕES COLOIDAIAS EM ALIMENTOS

FONTE: BOBBIO, BOBBIO (1992)

2.2.1 Emulsão

É definida como a dispersão ou suspensão de um líquido em outro, com as moléculas de ambos imiscíveis ou antagônicas (CHARLEY, 1982). As duas fases imiscíveis geralmente são óleo e água, uma dessas fases aparece na forma de gotas finamente divididas, denominada de fase dispersa ou interna; e a outra forma a matriz em que se suspendem estas gotas, conhecida como fase contínua ou externa (BECHER, 1972).

A energia livre durante a formação da emulsão é usualmente positiva e por esta razão as emulsões são termodinamicamente instáveis, sendo necessária à utilização de proteínas e surfactantes de baixa massa molecular para conferir a emulsificação evitando coalescência das gotas e promovendo maior vida-de-prateleira (DICKINSON, 2003).

Em vista disto, a maioria das emulsões é preparada por homogeneização da fase óleo em uma fase aquosa na presença de um emulsificante, sendo classificadas como óleo-em-água (O/A), onde o óleo é a fase dispersa; e água-em-óleo (A/O), com a água sendo a fase dispersa; como mostra a figura 1 (MCCLEMENTS, 2005). Os tipos de emulsão podem ser identificados com a utilização dos métodos descritos na tabela 8.

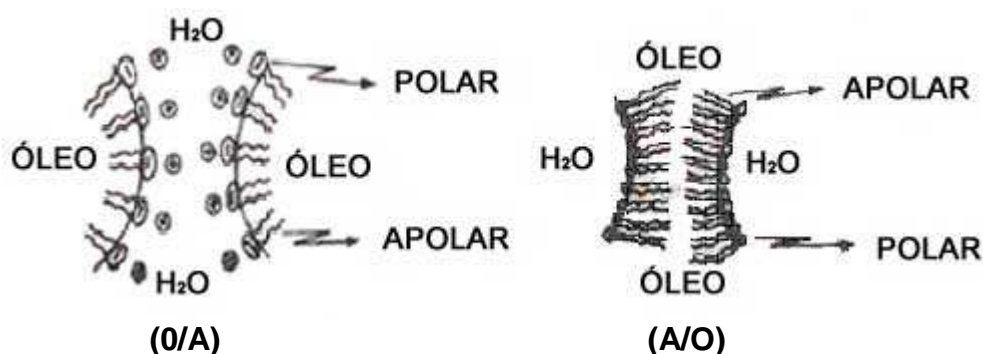


FIGURA 1 – TIPOS DE EMULSÃO

FONTE: Modificado de SHAW (1975)

TABELA 8 - MÉTODOS PARA IDENTIFICAR O TIPO DE EMULSÃO

MÉTODO	EMULSÃO O/A	EMULSÃO A/O
Visual	Textura cremosa	Textura gordurosa
Corantes	Corantes inorgânicos tingem a emulsão	Corantes orgânicos tingem a emulsão
Condutividade	Condutividade elétrica bem mais elevada	Condutividade elétrica a depender do potencial elétrico aplicado
Miscibilidade	A emulsão se mistura facilmente com um líquido miscível no meio de dispersão (dispersante)	

FONTE: MACHADO (2002)

As emulsões em alimentos são muito complexas, pois a fase aquosa pode conter diversos ingredientes solúveis, incluindo moléculas de açúcares, sais, ácidos, bases, proteínas e carboidratos. E a fase oleosa geralmente contém uma mistura complexa de componentes solúveis como triglicerídios, diglicerídios, monoglicerídios, ácidos graxos livres, esteróis e vitaminas (ARAÚJO, 2004). A tabela 9 mostra os principais tipos de emulsões em alimentos e seus respectivos estabilizantes, dando uma idéia da complexibilidade dessas emulsões.

TABELA 9 - PRINCIPAIS TIPOS DE EMULSÕES EM ALIMENTOS

ALIMENTOS	TIPO DE EMULSÃO	FONTE
Leite e Creme	O*/A*, estabilizada por fosfolípídeos e proteínas	BOBBIO, BOBBIO (1992)
Manteiga e Margarina	A/O, estabilizada por fosfolípídeos, proteínas e aditivos emulsionantes sintéticos, cristais de gordura na fase óleo	GLICKSMAN (1982)
Maionese	O/A, estabilizada por proteínas, fosfolípídeos e polissacarídeos	ARAÚJO (2004)
Molho para salada	O/A, estabilizada por proteínas, fosfolípídeos e polissacarídeos	GLICKSMAN (1982)
Mousse e Sorvete	O/A, estabilizada por proteínas, fosfolípídeos e polissacarídeos	BOBBIO, BOBBIO (1992)

*O = ÓLEO, A = ÁGUA

2.2.1.1 Estabilidade da emulsão

Embora sistemas coloidais possuam a capacidade de permanecer em suspensão indefinidamente, emulsões e suspensões são termodinamicamente instáveis, essa instabilidade surge devido a grande área interfacial e energia superficial, associada com o tamanho das gotas no sistema (MELIK; FOGLER, 1988).

O termo “estabilidade da emulsão” pode ser empregado com relação aos fenômenos que podem ocorrer – floculação, coalescência (que pode resultar na quebra da emulsão), formação de creme ou “creaming” e inversão (BECHER, 1972; SHAW, 1975; STAINSBY, 1986). A figura 2 mostra os fenômenos que ocorrem nas emulsões.

As propriedades físico-químicas e a estabilidade da emulsão são determinadas pelo tipo e concentração de vários ingredientes usados, por homogeneização e condições do processo empregado durante seu preparo (DICKINSON; MCCLEMENTS, 1995).

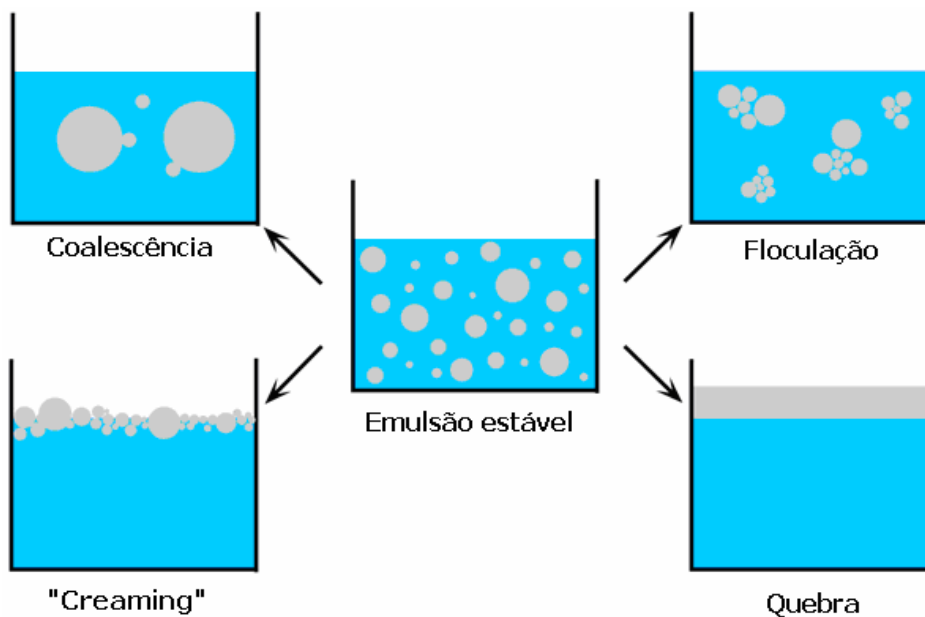


FIGURA 2 – FENÔMENOS QUE OCORREM NAS EMULSÕES

FONTE: Modificado de GROVE (2005)

2.2.1.1.1 Flocculação

Adesão reversível das gotas, com manutenção do filme interfacial e da individualidade, formando uma rede bidimensional, sem coalescência. Quando a gota está cercada por uma distância interfacial inferior ao seu diâmetro e essa aproximação se deve à sedimentação e ao movimento Browniano, começam atuar os fenômenos produzidos por interfaces vizinhas. As forças de van der Waals somam-se à gravidade para promover a atração entre as gotas, por outro lado, a presença de surfactantes adsorvidos na interface resulta em forças repulsivas de caráter eletrostático ou estérico (SALAGER, 1993).

As interações entre as forças de van der Waals e as elétricas (atração e repulsão) são virtualmente aditivas, quando se admite que apenas essas duas forças determinam o grau de estabilidade dos colóides, tem-se a conhecida teoria DLVO generalizada (Derjaguin – Landau – Verwey – Overbeek) (STAINSBY, 1986) .

2.2.1.1.2 Coalescência

Coalescência de partícula é um processo em que duas gotas fundem-se formando uma gota maior, envolve a ruptura do filme superficial de cada gota independente das demais, é um processo irreversível, que pode resultar em quebra da emulsão (LAWSON, 1967; VAN AKEN; BLIJDENSTEIN; HOTRUM, 2003).

A coalescência sem controle é responsável por diminuição da vida-de-prateleira de molhos para salada e licores cremosos, é menos provável em emulsões com pequenas concentrações de óleo e quando este último está cristalizado. Ocorre facilmente em sistemas extremamente floclados, ou com alto volume de óleo, o que resulta em múltiplos choques entre as gotas, devido aos movimentos Brownianos (STAINSBY, 1986).

2.2.1.1.3 Formação de creme ou “creaming”

Formação de creme ou “creaming” é a separação macroscópica da emulsão em uma emulsão diluída e outra altamente concentrada (creme), na qual o contato interglobular é importante e a fase contínua está sob a ação da gravidade ou de um campo centrífugo. Esta separação acontece de modo ascendente, mas o termo ainda pode ser aplicado se a densidade relativa da fase dispersa ou da fase contínua é tal que a emulsão concentrada descende. Porém, alguns autores também usam “creaming” até mesmo como o oposto de sedimentação, como mostra a figura 3. Quando o sistema é um colóide estável, as partículas no sedimento ou creme não se agregam, e o mesmo pode ser redisperso pela aplicação de forças da mesma magnitude das que causaram sedimentação ou “creaming” (IUPAC, 2001).

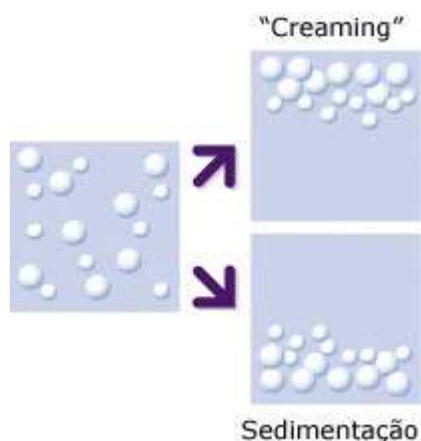


FIGURA 3 - FENÔMENO DE "CREAMING" E SEDIMENTAÇÃO EM EMULSÕES

FONTE: SCI -TEC (2007)

2.2.1.1.4 Inversão

A emulsão pode mudar de O/A para A/O ou o contrário. Então se diz que ocorreu a inversão da emulsão. Geralmente é causada por alguma alteração na composição ou nas condições da emulsão (agitação mecânica, temperatura, concentração e tipo do emulsificante) (ARAÚJO, 2004).

O mecanismo exato da inversão ainda não está muito claro, embora alguns processos como coalescência e dispersão estejam envolvidas. A inversão nem sempre é reversível (SCHRAMM, 1992).

2.2.1.2 Emulsificantes/estabilizantes

Na formulação de emulsões estáveis, dois aditivos podem ser usados: emulsificante e estabilizante. Os emulsificantes são moléculas ativas que aderem à superfície das gotas formadas durante a homogeneização e constituem, assim, uma membrana protetora que impede a aproximação das mesmas, evitando agregação, sua função principal é promover a formação e a estabilidade da emulsão a curto prazo. São moléculas anfifílicas (possuem regiões polar e não-polar), e as mais utilizadas na indústria de alimentos são as proteínas, pequenas moléculas de surfactantes e fosfolípidios. Os agentes espessantes (polissacarídeos), bem como os biopolímeros (como as proteínas) são ingredientes utilizados para aumentar a viscosidade da fase contínua da emulsão, retardando a movimentação das gotas e, portanto, aumentando a estabilidade a longo prazo (DICKINSON; STAINSBY, 1992; ARAÚJO, 2004). Sendo assim, proteínas são capazes de cumprir ambas as atribuições, seja como emulsificante ou estabilizante. A figura 4 mostra como o emulsificante atua envolvendo as gotas da fase dispersa formando um filme protetor.

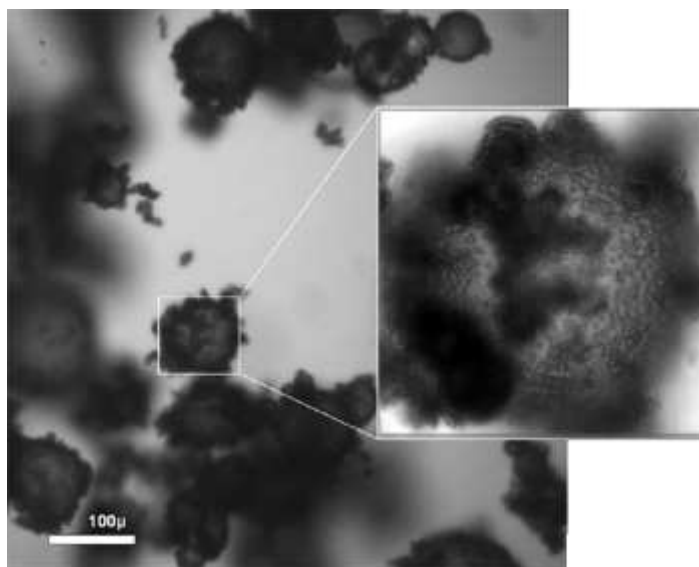


FIGURA 4 – GOTA DE ÓLEO DA FASE DISPERSA ENVOLTA POR EMULSIFICANTE
FONTE: HARVARD UNIVERSITY (2007)

As proteínas facilitam a quebra de partículas de óleo (por abaixamento da tensão interfacial óleo-água) e favorecem a estabilização dessas evitando a coalescência durante a emulsificação e também no período de armazenamento das emulsões (WALSTRA, 1983; DAS; KINSELLA, 1990). Tais características devem-se ao fato dessas proteínas possuírem propriedades funcionais. Pode-se definir funcionalidade protéica como “qualquer propriedade de uma proteína, exceto as nutricionais, que afeta de algum modo a sua utilização”, essa funcionalidade é expressa pela interação das proteínas entre si e com outros componentes do alimento (ANTUNES, 2003).

A gema de ovo foi o agente emulsificante mais utilizado em maionese e molho de salada, devido as suas características sensoriais e as propriedades funcionais (RAO, 1992). Porém, o uso de outros emulsificantes proporciona algumas vantagens, como diminuição em conteúdo de colesterol, aumento na estabilidade microbiológica e, em alguns casos, menor custo de fabricação (RIVAS; SHERMAN, 1982).

Muitos autores têm investigado a utilização de diferentes tipos de proteínas, em substituição as lipoproteínas e fosfolipídios (lecitina) presentes na gema de ovo, tais como: soja, fava, tremoço, ervilha, proteínas de origem animal (leite e carne) e surfactantes de baixa massa molecular (RISCARDO; FRANCO; GALLEGOS, 2003).

Emulsões alimentícias, de modo geral, contêm uma mistura de proteínas e polissacarídeos que conferem ao produto textura e vida-de-prateleira (DICKINSON; STAINSBY, 1982).

Os polissacarídeos são utilizados na indústria de alimentos para estabilizar emulsões óleo em água e controlar suas propriedades reológicas (PARASKEVOPOULOU *et al.*, 2003). São inodoros, incolores e insípidos, têm baixo valor calórico e digestibilidade. A maioria apresenta pouca atividade de superfície e a incorporação em emulsões óleo em água inibe o “creaming” por aumento na viscosidade da fase aquosa, preservando as propriedades de textura. Os principais estabilizadores usados são: Goma Xantana, galactomananas, amido e amido modificado, Alginato de Propileno Glicol, pectina e Carboximetilcelulose (PARASKEVOPOULOU; BOSKOU; KIOSSEOGLU, 2005).

As gomas não gelificantes, tais como certos amidos modificados, as galactomananas, a κ -carragena, o alginato sódico (na ausência de Ca^{2+}) ou Goma Xantana são retidas ou adsorvidas sobre a superfície das gotas e previnem

agregação por forças estéricas e/ou eletrostáticas, proporcionando estabilidade contra floculação e coalescência. São usados para a fabricação de molhos e condimentos diversos, sopas, cremes e produtos instantâneos (MULTON, 2000; PARASKEVOPOULOU; BOSKOU; KIOSSEOGLOU, 2005). A tabela 10 mostra algumas propriedades dos polissacarídeos mais usados em alimentos.

TABELA 10 – POLISSACARÍDEOS E SEU USO EM MOLHOS E COBERTURAS

Gomas/ amidos	Propriedades
Xantana	Goma mais utilizada, resistente ao cloreto de sódio, ácido e calor, agente de suspensão; estabilizante, forma gel com goma locusta e guar
Alginato de sódio	Gel com íons Ca^{2+} , alta viscosidade em temperaturas mais elevadas
Alginato de Propileno Glicol	Estabilizante, emulsificante, espessante, pode formar gel com íons Ca^{2+} , pH tolerante
Locusta	Espessante, forma gel com xantana; intensificado por íons Ca^{2+}
Guar	Espessante, intensificado com íons Ca^{2+} , alto custo
Arábica	Alguma atividade emulsificante, espessante, estabilizante
Acácia	Agente de suspensão, forma filme na interface
Amido	Espessante, problema com retrogradação
Amido modificado	Inibe a retrogradação, espessante
Celulose microcristalina	Aumento de corpo e paladar

FONTE: FORD *et al.* (2005)

2.2.1.2.1 Alginato de Propileno Glicol

Alginatos são polissacarídeos estruturais que ocorrem nas algas marinhas marrons (*Phaeophyceae*) que crescem em águas rasas das zonas temperadas. Existem muitas espécies de algas marrons, mas apenas algumas são abundantes e localizadas de forma conveniente para a produção de materiais de valor comercial, os alginatos (MOE *et al.*, 1995; LAPASIN; PRICL, 1999). Assim como ocorre com as carragenanas, alginatos é um termo coletivo para ácido algínico, seus sais e derivados. Ácido algínico é um co-polissacarídeo de alta massa molecular, composto de duas unidades monoméricas de ácido β -D-manurônico e α -L-gulurônico, em várias proporções, dependendo da espécie de alga (LAPASIN; PRICL, 1999).

De acordo com Moe *et al.* (1995), os alginatos não têm valor nutricional e são utilizados como aditivos para melhorar, modificar e estabilizar a textura de certos alimentos. Propriedades importantes incluem a melhora da viscosidade, habilidade de formação de gel e estabilização de misturas aquosas, dispersões e emulsões. Algumas dessas características são provenientes das propriedades físicas inerentes

dos alginatos, mas elas também podem ser resultados da interação com outros componentes do alimento, tais como proteínas, gorduras ou carboidratos.

Em baixo valor de pH, os alginatos precipitam-se e, por esse motivo, não são empregados em alimentos ácidos. Nestes casos, se utiliza o Alginato de Propileno Glicol, com massa molecular podendo variar entre 30.000 a 200.000 Daltons, no qual os grupamentos carboxílicos do alginato foram parcialmente esterificados com óxido de propileno, o que evita a formação de gel e precipitação em pH baixo (SANDERSON, 1981; PETTITT *et al.*, 1995). Ao contrário da Goma Xantana, o Alginato de Propileno Glicol apresenta um baixo grau de pseudoplasticidade em solução e confere cremosidade com insignificante mudança reológica (COIA; STAUFFER, 1987). É utilizado em vários molhos para salada para favorecer baixos níveis de atividade na emulsão e estabilidade (FORD *et al.*, 2005).

2.2.1.2.2 Goma Xantana

Goma é um material polimérico que pode ser dissolvido ou dispersado em água, formando soluções ou dispersões viscosas. O termo hidrocolóide ou colóide hidrofílico é utilizado como sinônimo de goma (HIRATA; SOUZA; PESSOA, 1993).

A Goma Xantana é um poliosídeo extracelular produzido por fermentação de *Xanthomonas campestris* sobre substrato glicídico, é solúvel em água fria ou quente e apresenta uma alta viscosidade, mesmo em baixas concentrações. A viscosidade das soluções de Goma Xantana quase não é afetada por temperaturas entre 20 a 100°C e é completamente estável ao pH entre 1 a 11. As moléculas de Goma Xantana adotam uma conformação helicoidal (simples ou dupla-hélice) que podem ser descritas como hastes rígidas sem tendência para associar-se resultando num comportamento espessante. Como as mais importantes propriedades são devidas, ao estado ordenado da macromolécula, a Goma Xantana pode sempre ser usada na presença de eletrólitos. Estas características tornam a Goma Xantana apropriada como agente espessante e estabilizante em pH ácido, como na maionese e molhos em geral (SABONI; PARK, 1993; MULTON, 2000; PRADELLA, 2006).

É constituída de uma cadeia principal de unidades de D - glicose unidas entre si por ligações β (1->4) com resíduos alternados de D - manose e ácido D - glicurônico, na proporção molar de 2:1, formando a cadeia lateral (JANSSON; KENNE; LINDBERG, 1975). A presença de cadeias laterais e o caráter iônico nas moléculas de xantana aumentam a sua hidratação, mas devido às interações com íons de cálcio, um longo tempo de agitação é necessário para dissolver a Goma Xantana em meios lácteos. Tem sido usada como estabilizante em substitutos de clara de ovos, elaborados com proteína de soro e gelatina, que são usados em merengues, “nougat” e doces. A goma também funciona como estabilizante em sorvetes e adiciona corpo e previne aderência em géis de frutas. Molhos de tomate para pizza são formulados com Goma Xantana para obter alta viscosidade, mantendo o molho na superfície e inibindo a absorção pela massa (PRADELLA, 2006).

2.2.1.2.3 Carboximetilcelulose (CMC)

A Carboximetilcelulose é obtida por uma modificação química da glicose por esterificação, a fim de obter uma macromolécula celulósica hidrossolúvel à temperatura ambiente, suas soluções mantêm a viscosidade normal na faixa de pH entre 4 e 10. Durante a estocagem por longos períodos pode ocorrer queda de viscosidade em consequência de ataque bacteriológico, para evitar tal acontecimento recomenda-se o uso de conservadores. Segundo a FDA, um dos conservadores indicados para Carboximetilcelulose grau alimentício é o ácido sórbico e seus sais (HIRATA; SOUZA; PESSOA, 1993; MULTON, 2000).

A CMC minimiza a precipitação de proteínas como a caseína e a proteína da soja, em valores de pH próximos aos seus pontos isoelétricos, podendo ser utilizada pura ou em misturas com outras gomas. Isto é possível devido à grande compatibilidade existente entre a CMC e seus sucedâneos (SANDERSON, 1981; HIRATA; SOUZA; PESSOA, 1993). Em alimentos pode ser utilizada em molhos para salada e outras emulsões, como colóide protetor (SIMÃO, 1985).

2.2.1.3 Molho para salada

Molho para salada e as próprias saladas têm evoluído de maneira significativa nos últimos anos, o que antes era considerado como um acompanhamento agora é mais uma opção de refeição bastante popular, tal fato pode ser atribuído a uma demanda cada vez maior por alimentos mais saudáveis, com baixo teor de gordura, conveniência, disponibilidade e variedade (BRINNEH, 2006).

São líquidos acidificados (água, leite ou suco de frutas) que ganham corpo com a adição de espessantes (gomos) ou ovos (CHARLEY, 1982). Molhos de salada são emulsões tipo óleo em água, com conteúdo em óleo que pode variar entre 20–65% e viscosidade também variável, na tabela 11 observa-se a porcentagem de óleo em diferentes molhos e coberturas (DICKINSON; STAINSBY, 1982). Quando o conteúdo de óleo é reduzido a proporções inferiores a 60%, as emulsões tornam-se instáveis e a adição de um hidrocolóide torna-se necessária para prevenir a separação das fases durante o armazenamento (DICKINSON, 2003). Alguns molhos de salada não contêm óleo, são os chamados “fat-free” ou isentos de gordura, portanto, não são emulsões verdadeiras. Os molhos de salada com conteúdo elevado de óleo são classificados como emulsões clássicas, enquanto que, os com conteúdo reduzido ou mesmo livre de gordura são as emulsões “não-clássicas” (FORD *et al.*, 2005).

TABELA 11 – CONTEÚDO TÍPICO DE ÓLEO EM MOLHOS E COBERTURAS

Produto	Porcentagem (%)
Maionese	75-84
Italian	50-60
Molho para salada (cremoso)	30-60
Blue cheese	30-40
French	36-40
Russian	30-40
Thousand Island	30-45
Italian (baixa caloria)	0-3
Molho de churrasco	1-2
Ketchup	0,1-0,2

FONTE: FORD *et al.* (2005)

Em função do exposto, um desafio ao desenvolvimento desses produtos é homogenizar o óleo, não-polar, com a fase aquosa, polar, a mistura deve permanecer estável e ser viável economicamente, segundo a lei de Stokes 3 fatores influenciam na estabilidade de uma emulsão tipo O/A esses fatores são (O'DONNELL; STIER, 2004):

1. Tamanho das gotas de óleo formadas, quanto menor melhor a estabilidade;
2. Viscosidade da fase contínua aquosa, aumentando a viscosidade pode-se conferir maior estabilidade, e;
3. Densidades do óleo e água devem ser as mais próximas possíveis.

2.3 REOLOGIA E VISCOSIDADE

A reologia é o estudo da deformação e escoamento da matéria, se estende desde a mecânica de fluídos até a elasticidade de Rooke (STEFFE, 1996; RAO, 1999; BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2004). A deformação ocorre no caso da matéria estar no estado sólido, e o escoamento, quando a matéria está no estado líquido. A propriedade reológica de interesse no caso dos sólidos é a elasticidade e no caso dos líquidos é a sua viscosidade. No entanto, alguns materiais não podem ser diferenciados em sólidos ou líquidos com clareza, de modo que a propriedade reológica de interesse nestes casos é a viscoelasticidade (SHAW, 1975; PASQUEL, 1999; RAO, 1999).

A viscosidade faz parte das propriedades reológicas dos alimentos, que abrange, além dos fluidos, os sólidos e semi-sólidos. Alimentos em geral, podem ser classificados em sólidos, gel, líquidos homogêneos, suspensões líquidas e emulsões (RAO, 1999). Alimentos na forma líquida usados em processos na indústria ou pelo consumidor incluem pastas, purês, refrigerantes, ovos e seus produtos, leite e seus derivados, sucos de frutas naturais, concentrados vegetais e molhos, entre outros (IBARZ; CÁNOVAS, 2002).

A viscosidade pode ser definida como a medida da fricção interna de um fluido, isto é, a resistência encontrada pelas moléculas em se moverem no interior de um líquido, devido ao movimento Browniano e às forças intermoleculares (GOULD, 1992). Esta fricção torna-se aparente quando uma camada de fluido move-

se em relação à outra camada, assim à medida que aumenta a viscosidade do fluido, aumentam as forças de atrito e é necessária mais energia para que ocorra o “cisalhamento”, que acontece sempre que o fluido é fisicamente movido ou distribuído, como no escoamento, espalhamento, aspersão, mistura etc. Fluidos altamente viscosos, então, exigem mais força para mover-se que materiais menos viscosos (LEWIS, 1993; BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; MOTT, 1996).

Isaac Newton foi o primeiro a expressar as leis básicas da mecânica clássica, descrevendo o comportamento de fluxo de um fluido ideal, conforme o modelo na figura 5. Onde um par de placas paralelas com uma área “A” são separadas por uma distância “dx” e no espaço entre elas está um fluido, gás ou líquido. Essas placas são movidas na mesma direção em diferentes velocidades “V1” e “V2”. (BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; SCHARAMM, 2000; BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2004).

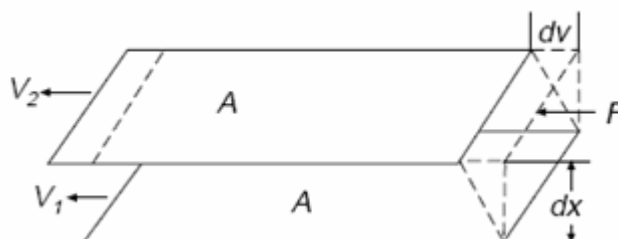


FIGURA 5 – MODELO DEFINIDO POR ISAAC NEWTON

FONTES: BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES (1994)

A força constante “F” necessária para manter a diferença na velocidade é proporcional ao gradiente de velocidade, de acordo com a equação 1, onde η é uma constante de proporcionalidade para um determinado material, definida como “viscosidade”. O gradiente de velocidade dv/dx é uma medida de mudança na velocidade onde as camadas intermediárias movem-se uma em relação às outras. Isso descreve o cisalhamento do fluido e é chamado de “taxa de cisalhamento” ou “ γ ”, sua unidade de medida é “segundos recíprocos” (s^{-1}) (BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2004):

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

O termo F/A indica a força por unidade de área requerida para produzir cisalhamento. Refere-se, como “tensão de cisalhamento” ou “ τ ”, sua unidade de medida é “dinas por centímetro quadrado” (dinas/cm^2) ou Newtons por metro quadrado (N/m^2) (SCHARAMM, 2000).

Usando estas condições simplificadas, viscosidade pode ser definida matematicamente como descrita na equação 2:

$$\eta = \text{viscosidade} = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\text{tensão de cisalhamento}}{\text{taxa de cisalhamento}} \quad (2)$$

A viscosidade é uma propriedade inerente aos fluidos quimicamente puros e fisicamente homogêneos conhecidos como fluidos newtonianos. Nos fluidos não-newtonianos, que não são homogêneos nem puros (como grande parte dos alimentos), usa-se o termo viscosidade aparente “ η_{ap} ” (GOULD, 1992). As unidades internacionais para viscosidade são Pascal – segundos (Pa.s) ou miliPascal – segundos (mPa.s).

A figura 6 mostra a classificação dos fluidos segundo o comportamento reológico, o qual é determinado por medidas da tensão de cisalhamento versus a taxa de cisalhamento, e a representação dos dados experimentais por diagramas viscométricos e equações empíricas, em função da temperatura e/ou concentração (SARAVACOS; MAROULIS, 2001).

Durante a produção, estocagem, transporte, exposição e consumo os alimentos sofrem contínuas variações de temperatura, por esta razão é importante saber as propriedades reológicas dos produtos em função da temperatura. Em fluidos não – Newtonianos a viscosidade aparente é expressa por uma taxa de cisalhamento fixa versus a viscosidade (IBARZ; CÁNOVAS, 2002).

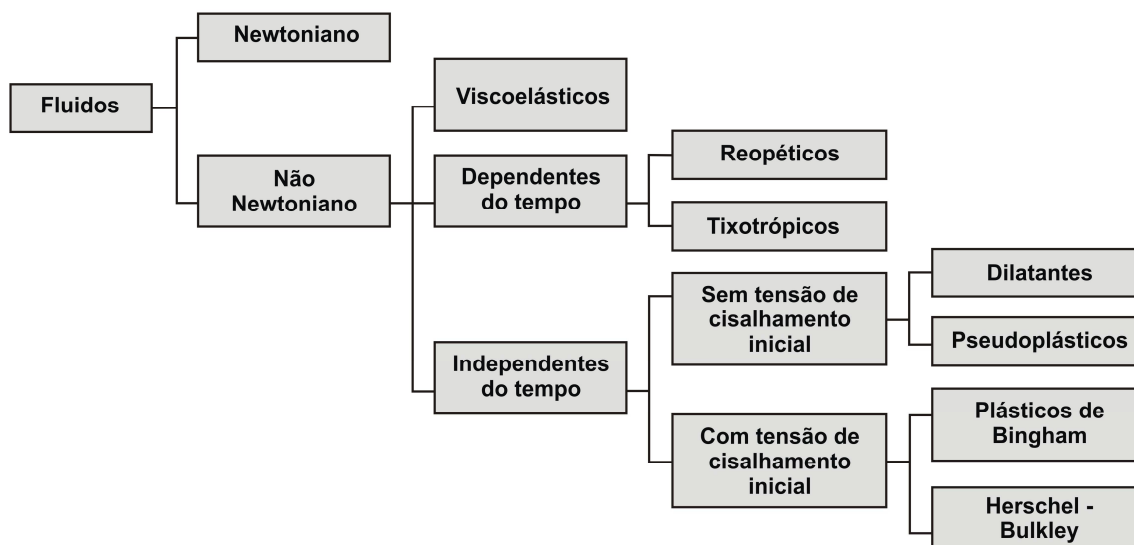


FIGURA 6 - ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS FLUIDOS SEGUNDO COMPORTAMENTO REOLÓGICO

FONTE: Modificado de Setor1.com

Os dados reológicos na indústria de alimentos são importantes para:

- Realizar cálculos de engenharia de processos, englobando uma grande quantidade de equipamento tais como agitadores, extrusoras, bombas, trocadores de calor, tubulações e homogeneizadores.
- Determinar a funcionalidade de ingredientes no desenvolvimento de produtos.
- Controlar a qualidade do produto final ou intermediário.
- Avaliar a textura pela correlação com dados sensoriais (MASKAN; GOGUS, 2000).

2.3.1 Fluidos Newtonianos

Líquidos simples em alimentos, como soluções aquosas de açúcar, sucos clarificados, óleos vegetais, chá, café, cerveja, vinhos e refrigerantes são fluidos Newtonianos, onde a tensão de cisalhamento (τ) é linearmente proporcional à taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) (FIGURA 7 – A), ou seja, a viscosidade (η) mantém-se constante com a variação na taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) (FIGURA 7 – B), é influenciada somente pela temperatura e composição (RAO; RIZVI, 1986; SARAVACOS; MAROULIS, 2001).

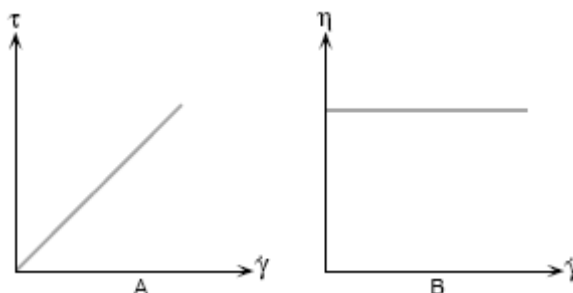


FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE FLUIDOS NEWTONIANOS
 FONTE: BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES (1994)

Incorporando moléculas e micelas de polímeros, partículas sólidas, gotas e bolhas de gás em fluidos newtonianos altera-se a reologia desses, ocasionando uma relação não linear entre tensão e taxa de cisalhamento (IBARZ; CÁNOVAS, 2002).

2.3.2 Fluidos não – Newtonianos

Quando as interações entre os componentes de um fluido afetam a velocidade de deformação causada por forças externas, resultando na não proporcionalidade entre a taxa ($\dot{\gamma}$) e a tensão de cisalhamento (τ), então o fluido é chamado não-Newtoniano (BOBBIO, 1995; IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 2002).

Os fluidos não-Newtonianos podem ser independentes ou dependentes do tempo, a figura 8 mostra as curvas de fluxo típicas de fluídos Newtonianos e não-Newtonianos independentes do tempo. Para esses últimos, à temperatura e composição fixas, a viscosidade não é uma constante, sendo denominada viscosidade aparente (η_{ap}), a qual depende da relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, conforme equação 3 (RAO; RIZVI, 1986).

$$\eta_{ap} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (3)$$

Onde:

η_{ap} = viscosidade aparente (Pa.s);

τ = tensão de cisalhamento ($N/m^2 = Pa$);

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

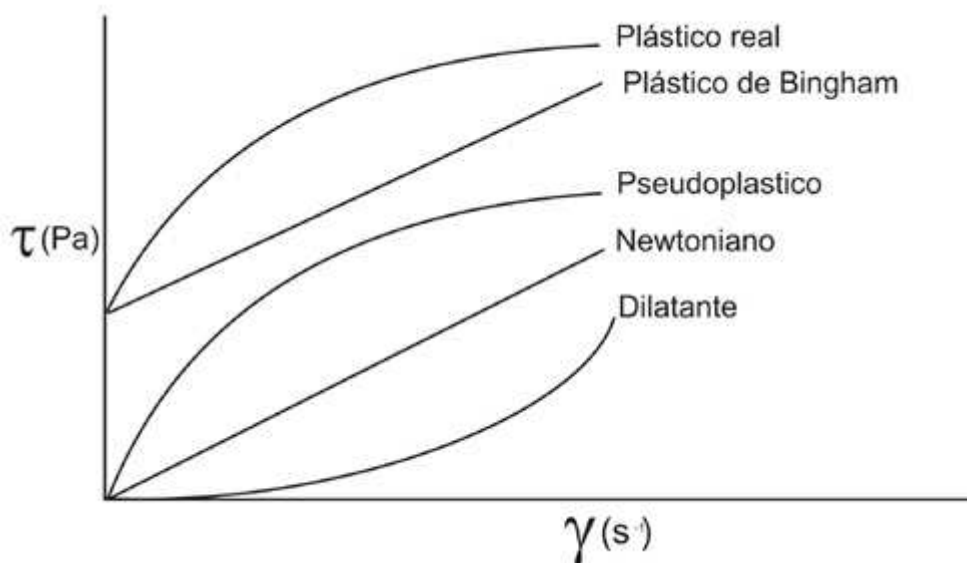


FIGURA 8 – CURVAS DE FLUXO PARA FLUIDOS NEWTONIANOS E NÃO – NEWTONIANOS INDEPENDENTES DO TEMPO

FONTE: Modificado de URBICAIN e LOZANO (1997)

2.3.2.1 Fluidos não – Newtonianos independentes do tempo

2.3.2.1.1 Plásticos de Bingham

Esse tipo de fluido é caracterizado pela existência de uma tensão de cisalhamento inicial (τ_0), diferente de zero, antes de o fluido sofrer uma deformação ou escoamento. Tal material deformará elasticamente, ou seja, o fluido de Bingham se comporta como um corpo sólido ou permanece em repouso, quando a tensão externa aplicada é menor que a tensão de cisalhamento inicial. Quando a tensão externa exceder o valor de τ_0 , a curva da tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) do fluido pode ser linear ou não linear, mas não passará pela origem do gráfico. Para níveis de cisalhamento maiores que τ_0 , a substância comporta-se como um material viscoso (URBICAIN; LOZANO, 1997; BARNES, 1999; MCCLEMENTS, 2006).

Um fluido, cujo gráfico de tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) é uma curva linear, onde $|\tau| > |\tau_0|$ é chamado fluido plástico de Bingham, sendo caracterizado por uma constante de viscosidade plástica (tangente

do gráfico) e pela τ_0 . Por outro lado, materiais que possuem τ_0 e uma curva não-linear no gráfico de tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) em coordenadas lineares para $|\tau| > |\tau_0|$ são chamados pseudoplásticos com tensão inicial (Herschel-Bulkley ou plástico real) (BARNES, 1999). Purê de batata, mostarda e catchup são alguns exemplos de fluidos de Bingham (BOURNE, 1982).

2.3.2.1.2 Pseudoplásticos

Muitos fluidos apresentam uma queda drástica na viscosidade quando é aumentada a taxa de deformação, para esses fluidos o gráfico resultante da tensão (τ) em função da taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) não é uma linha reta, mas sim convexa isso devido à velocidade de deformação aumentar em proporções maiores que a tensão tangencial, para cada valor de τ há um valor de $\dot{\gamma}$ correspondente. Fluidos que se diluem com o aumento da taxa de cisalhamento denominam-se pseudoplásticos, emulsões, suspensões ou dispersões de alta importância técnica e comercial pertencem a este grupo (HOLDSWORTH, 1971; MULLER, 1978; SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

Esses fluidos em repouso apresentam um estado desordenado, e quando submetidos a uma tensão de cisalhamento suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior será a ordenação. Conseqüentemente a viscosidade aparente será menor (HOLDSWORTH, 1971). Alguns exemplos de alimentos que apresentam comportamento reológico pseudoplástico estão descritos na tabela 12.

TABELA 12 - EXEMPLOS DE ALIMENTOS COM COMPORTAMENTO REOLÓGICO PSEUDOPLÁSTICO

Alimentos com comportamento reológico pseudoplástico	
Mostarda	Purê de frutas e vegetais
Suco concentrado de frutas	Solução de gomas – altas concentrações
Chocolate fundido	Proteína concentrada
Maionese	Queijos de pasta mole
Molhos para salada	Iogurtes
Margarinas	Patês

FONTE: Modificado de RAO (1977) e CASTRO (2002)

2.3.2.1.3 Dilatante

Ocorre o aumento da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento. Esses fluidos se comportam como um líquido (escoam) a baixas tensões de cisalhamento, mas podem se tornar tão rígidos (não escoam) quanto um sólido quando submetidos a tensões de cisalhamento elevadas. Esse efeito é observado em pastas de partículas defloculadas densamente empacotadas. Quando a taxa de cisalhamento aumenta, esse empacotamento deve ser quebrado para permitir que as partículas se movam umas em relação às outras. A expansão resultante faz com que o líquido seja insuficiente para preencher os vazios criados. A essa expansão se opõe forças de tensão superficial do líquido “aprisionado” entre as partículas (GLICKSMAN, 1982).

Em alguns casos é possível observar a presença de uma tensão de cisalhamento inicial (τ_0), a partir da qual o fluido começa a escoar, apresentando comportamento análogo ao dos fluidos dilatantes. Alguns tipos de mel e suspensões de amido se enquadram nessa categoria (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000; STEFFE, 1996).

2.3.2.2 Fluidos não – Newtonianos dependentes do tempo

Muitos fluidos não-Newtonianos em alimentos possuem estrutura complexa e exibem comportamento reológico dependente do tempo, a viscosidade aparente desses fluidos a uma determinada taxa de cisalhamento muda significativamente com o tempo, como pode ser observado na figura 9. Os fluidos dependentes do tempo mais comuns são os tixotrópicos para os quais a viscosidade aparente diminui com o tempo de cisalhamento. Os fluidos reopéticos exibem o comportamento oposto, a viscosidade aparente aumenta com o tempo de cisalhamento (SARAVACOS; MAROULIS, 2001). Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

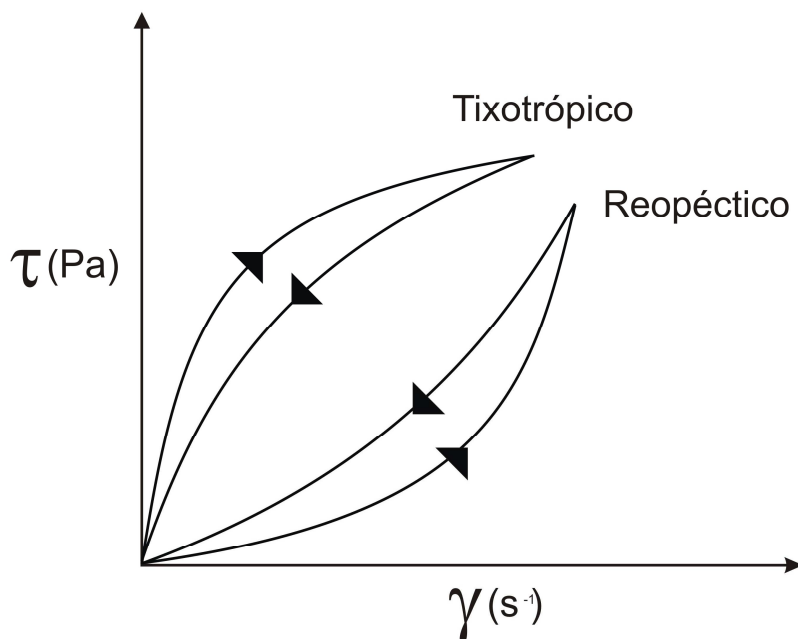


FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE FLUIDOS NÃO – NEWTONIANOS DEPENDENTES DO TEMPO

FONTE: Modificado de SHARMA, MULVANEY e RIZVI (2000)

2.3.2.3 Fluidos viscoelásticos

Muitos produtos alimentícios não são líquidos puros ou sólidos puros, mas possuem propriedades reológicas que são parcialmente viscosas e parcialmente elásticas (MCCLEMENTS, 2006). Exemplos de alimentos viscoelásticos são creme de amendoim e manteiga (DICKIE; KOKINI, 1982).

2.3.3 Modelos reológicos

A descrição do comportamento reológico não-Newtoniano é realizada utilizando modelos empíricos capazes de relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento. É indispensável ao controle de qualidade, controle intermediário em linhas de produção e ao projeto no dimensionamento de equipamentos e processos. Dependendo do modelo utilizado, possuem ou não tensão inicial (RAO; RIZVI, 1986).

Os modelos freqüentemente utilizados para descrever o comportamento não-Newtoniano são: Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Bingham, Casson e Mizrahi-Berk. O quadro 2 mostra as equações constitutivas para alguns modelos reológicos normalmente utilizados e os valores dos parâmetros τ_0 , k e n para esses fluidos.

QUADRO 2: EQUAÇÃO CONSTITUTIVA PARA ALGUNS MODELOS REOLÓGICOS E OS VALORES DE τ_0 , k E n PARA ESSES FLUIDOS

Modelo	Equação	τ_0	k	n
Plástico real – Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k \cdot \gamma^n$	> 0	> 0	$0 < n < \infty$
Newton	$\tau = k \cdot \gamma$	0	> 0	1
Pseudoplástico – Ostwald-de-Waelle	$\tau = k \cdot \gamma^n$	0	> 0	$0 < n < 1$
Dilatante – Ostwald-de-Waelle	$\tau = k \cdot \gamma^n$	0	> 0	$1 < n < \infty$
Plástico de Bingham	$\tau = \tau_0 + k \cdot \gamma$	> 0	> 0	1
Casson	$\tau^{0,5} = \tau_0 + k \cdot \gamma^{0,5}$	> 0	> 0	0,5

FONTE: Modificado de STEFFE (1996)

2.3.3.1 Modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência)

O comportamento reológico da maioria dos fluidos em alimentos pode ser descrito por uma equação do tipo lei da potência, isso devido ao seu comportamento pseudoplástico (EQUAÇÕES 4 e 5) (STEFFE, 1996).

$$\tau = \kappa \cdot \gamma^n$$

(4)

$$\eta_{ap} = \kappa \cdot \gamma^{n-1}$$

(5)

Onde:

τ = tensão de cisalhamento;

η_{ap} = viscosidade aparente;

γ = taxa de cisalhamento;

n = índice de comportamento do fluido e

κ = índice de consistência.

O Modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) tem como parâmetros reológicos o índice de consistência, K , e o índice de comportamento, n . O índice de comportamento define os fluidos pseudoplásticos e dilatantes, nos fluidos para os quais n assume valores entre um e zero é classificado como pseudoplástico, já os fluidos onde n é maior que um é denominado dilatante. No caso de n igual à unidade tem-se um fluido Newtoniano. O valor do índice de consistência, K , indica o grau de resistência do fluido durante o escoamento (MACHADO, 2002). Esse modelo descreve bem o comportamento de fluidos pseudoplásticos sem tensão inicial, como é o caso das diferentes formulações de molho para salada analisadas neste trabalho.

A decisão do modelo mais adequado deve ser tomada com base nos parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), Qui-quadrado (X^2), soma dos quadrados dos resíduos (SQR) e coeficiente de correlação (R). O melhor ajuste é analisado com base nos parâmetros R^2 (mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão), definido como razão entre a soma quadrática total, e pelo Qui-quadrado (X^2) que expressa a diferença entre valores obtidos experimentalmente. Quanto maior for o valor de (X^2) maior será a discrepância entre as frequências observadas e esperadas. Quanto menor o valor de (R^2) maior a distância dos pontos experimentais ao modelo ajustado. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de R^2 (máximo=1) e baixos valores de X^2 (mínimo=0) (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

2.3.4 Reologia de molhos e coberturas

Uma importante razão para estudar a reologia desses produtos é devido às propriedades reológicas estarem relacionadas com a textura, sendo a viscosidade uma característica usada no controle de qualidade de molhos para salada. A representação geral da viscosidade para emulsões pode ser descrita pela equação 6, conforme Ford *et al.* (2005):

$$\eta = f(\eta_0, \phi, d, A) \quad (6)$$

Onde:

η = viscosidade da emulsão;

η_0 = viscosidade da fase contínua;

ϕ = volume da fase dispersa;

d = tamanho das gotas;

A = estado de agregação da emulsão.

Emulsões alimentícias tipo O/A (óleo-em-água), como maionese e molhos de salada, são fluidos não-Newtonianos com alto coeficiente de consistência K e o índice de comportamento do fluido é menor que 1 (RAO, 1999). A viscosidade da emulsão aumenta de maneira não linear com o aumento da fração de volume da fase dispersa e decresce com aumento do tamanho das gotas (FORD *et al.*, 2005).

2.4 ANÁLISE SENSORIAL

Segundo ABNT (1993), análise sensorial é a disciplina científica usada para evocar, analisar e interpretar reações às características dos alimentos e materiais como são percebidos pelo sentido da visão, olfato, gosto, tato e audição.

Na última década a análise sensorial de alimentos e bebidas deixou de ser uma atividade secundária e empírica. Enquadrou-se na categoria de disciplina científica, capaz de gerar informações precisas e reprodutíveis, sobre as quais recaem importantes decisões, relativas à seleção de matéria-prima, modificação, padronização de métodos e otimização de formulações de produtos, tornando-se ferramenta básica para aplicação na indústria de alimentos (MEHINAGIC *et al.*, 2003).

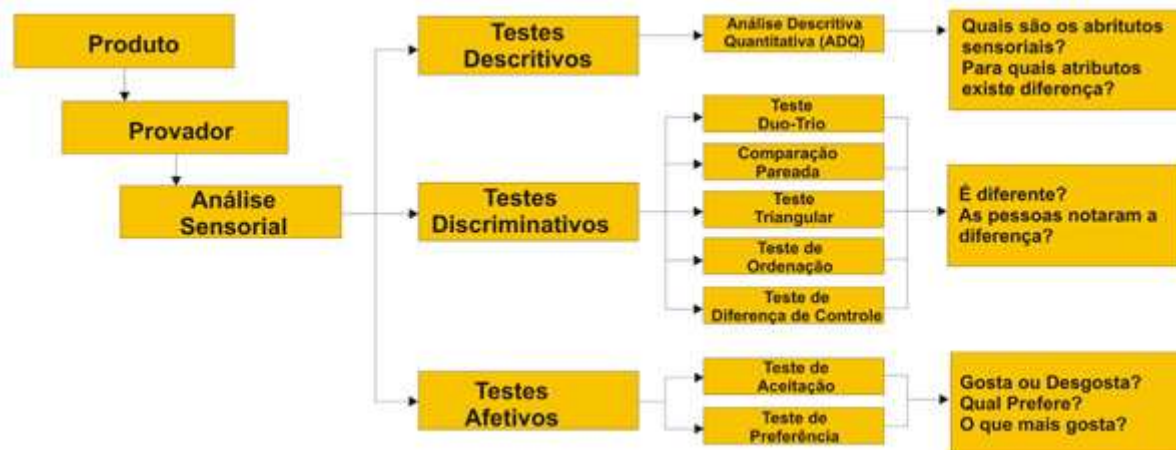


FIGURA 10 – ESQUEMA CLASSIFICATÓRIO DOS MÉTODOS SENSORIAIS

FONTE: Baseado em SGS DO BRASIL LTDA (2007)

O homem possui habilidade para comparar, diferenciar e quantificar atributos sensoriais. A análise sensorial aproveita esta habilidade para avaliar alimentos e bebidas, empregando metodologia adequada aos objetivos do estudo, bem como o tratamento estatístico adequado (FERREIRA, 1999). Segundo IFT Sensory Evaluation Division (1995) e conforme a figura 10, alguns dos métodos sensoriais classificam-se em:

2.4.1 Método sensorial descritivo

Esta técnica permite a avaliação da intensidade dos atributos sensoriais de produtos. Neste caso, são empregadas equipes treinadas de provadores.

- **Análise Descritiva Quantitativa (ADQ):** utiliza uma equipe de provadores selecionados e treinados para identificar e quantificar os atributos sensoriais de um produto.

2.4.2 Método sensorial discriminativo

- Com este método, são avaliadas as diferenças sensoriais entre dois ou mais produtos. Os testes duo-trio, comparação pareada e triangular determinam se existe diferença entre amostras. O teste de ordenação ordena a preferência do julgador. E o teste de comparação múltipla verifica e estima o grau de diferença entre as amostras e o padrão.

2.4.3 Método sensorial afetivo

O objetivo do método afetivo é avaliar a aceitação e preferência dos consumidores em relação a um ou mais produtos.

- Teste de Aceitação: avalia o quanto um consumidor gosta ou desgosta de um determinado produto.
- Teste de Preferência: determina a preferência que o consumidor tem sobre um produto em relação a outro (ABNT, 1993).

A determinação da aceitação pelo consumidor é parte crucial no processo de desenvolvimento ou melhoramento de produtos. Para uma triagem inicial ou uma avaliação preliminar da aceitação, a análise é realizada em condições laboratoriais, com 30-50 julgadores não-treinados. Entre as ferramentas mais empregadas para determinar a aceitação de produtos utiliza-se a escala hedônica. Nesta escala o provador expressa o quanto gosta ou desgosta de um produto (DUTCOSKI, 1996; CARNEIRO; MINIM; SOUZA, 2005).

Uma das aplicações dos testes afetivos é a manutenção da qualidade do produto por uma avaliação das variações da aceitabilidade em função de alterações na formulação, substituição de matéria-prima, modificações na embalagem ou no processo (PROFIQUA, 2002).

2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Delineamentos de experimentos são instrumentos usados para aperfeiçoar produtos e processos, acelerar o ciclo de desenvolvimento, melhorar a transferência dos produtos da pesquisa e desenvolvimento para manufatura e, efetivamente, solucionar problemas de fabricação (GRAF; SAGUY, 1991).

2.5.1 Delineamento para misturas

O delineamento de misturas visa à diminuição do número de experimentos necessários para determinação de propriedades ótimas do sistema em estudo, tais como as propriedades reológicas. Os planejamentos experimentais para estudo de misturas têm encontrado larga aplicação na ciência, na engenharia e em especial na indústria (YANG; LI; WEN, 1997; BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1996).

A partir de um delineamento de misturas, a resposta ou propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura. Portanto, a finalidade principal de se utilizar essa metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes da mistura. Nesse caso, as proporções dos componentes (X_i) não são independentes, pois a soma dessas sempre deve totalizar 100%. Com os resultados obtidos no delineamento de misturas, podem-se utilizar polinômios simplificados, que definem uma superfície de resposta, para relacionar a propriedade de interesse às diversas proporções utilizadas. Isso possibilita a previsão quantitativa das propriedades de qualquer formulação no sistema estudado, fazendo somente alguns experimentos (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1996).

Uma dificuldade que pode ser encontrada em experimentos para misturas é que alguns dos componentes estão sujeitos a limite superior e/ou inferior. Tais limites podem produzir regiões com formas diferenciadas para qual é impossível utilizar alguns delineamentos (BRAGA NETO, 1998). Quando se deseja explorar somente uma região limitada do delineamento, uma abordagem alternativa é substituir os componentes linearmente dependentes da mistura por uma adequada transformação, resultando no que se costuma chamar de pseudocomponentes

(STEINBERG; HUNTER, 1984; CORNELL, 1984), ou seja, uma vez introduzidas limitações inferiores nos componentes de uma determinada mistura, passa a ser conveniente redefinir as coordenadas da sub-região formada. Os pseudocomponentes, como o próprio nome diz, são falsos componentes definidos como combinações dos componentes originais. A principal razão para a introdução deles é que o planejamento e o ajuste dos modelos são bem mais fáceis num sistema de pseudocomponentes do que num sistema de componentes originais (CORNELL, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

O soro utilizado procedente da linha de produção do queijo Minas frescal foi doado pela COOPERATIVA CENTRAL AGROPECUÁRIA SUDOESTE, unidade situada em Curitiba.

O óleo de milho, vinagre com 3% de ácido acético (contendo suco de limão) e demais temperos utilizados foram adquiridos em supermercados da cidade de Curitiba.

Os estabilizantes utilizados foram doados pela empresa Germinal Aditivos para Alimentos LTDA (Alginato de Propileno Glicol, kelcoloid LVF – 70660; Carboximetilcelulose, 30 FGH – 70520; Goma Xantana – 70519).

O conservante Sorbato de Potássio (PQ166) e o antioxidante BHT foram gentilmente cedidos pelas empresas Doremus Alimentos LTDA e Quiminvest Indústria e Comércio LTDA, respectivamente.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Coleta e armazenamento do soro de queijo

O soro de queijo Minas frescal utilizado no presente trabalho é oriundo do processo descrito na figura 11, onde o mesmo foi coletado em embalagem de 2L, posteriormente a salga na saída do tanque de coagulação; e então mantido a temperatura de refrigeração para ser utilizado no dia seguinte. A coleta das amostras para realização do trabalho ocorreu no período de Outubro/2006 à Outubro/2007.



FIGURA 11 – ORGANOGRAMA DE PRODUÇÃO DO QUEIJO MINAS FRESCAL
FONTE: Linha de processamento - Cooperativa Central Agropecuária Sudoeste

3.2.2 Caracterização físico-química do soro de queijo

A caracterização físico-química do soro foi realizada no Laboratório de Química Analítica Aplicada (LQAA) do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná e no Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), as análises foram realizadas em triplicata e o resultado expresso pela média dos valores incluindo o desvio padrão. A tabela 13 mostra as análises e os métodos utilizados.

TABELA 13 – MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL

ANÁLISES	MÉTODO
Proteínas	Determinação após quantificação do nitrogênio total e multiplicado pelo fator de conversão 6,38. O nitrogênio total foi quantificado pelo método de Kjeldhal, conforme LANARA (1981).
Resíduo mineral fixo	Gravimetria, mediante incineração da amostra em mufla a 550°C até obtenção de cinzas totalmente brancas, BRASIL (2006), metodologia específica para leite fluido.
pH	Determinação eletrométrica utilizando pHâmetro modelo TEC – 3MP da marca TECNAL, com ajuste de temperatura e calibração, para todas as determinações, método nº17/IV (IAL, 2005).
Extrato seco total	Por evaporação da fração líquida de 10 mL da amostra, em banho-maria e posterior secagem em estufa a 85°C por 2 horas, (LANARA, 1981).
Lactose	Açúcares redutores expressos em lactose, HPLC, método nº 984.22 (AOAC, 2000).
Densidade	Determinação com a utilização de Termolactodensímetro CAPLAB a 15°C, BRASIL (2006), valor expresso em densidade absoluta.
Acidez titulável	Titulometria com NaOH 0,1N, conforme BRASIL (2006), método B.
Cloreto de sódio	Método argentométrico. Resultado expresso por diferença entre resíduo mineral fixo e cloretos, BRASIL (2006), metodologia para leite fluido, método B.
Gordura	Butirômetro (LANARA, 1981).

3.2.2.1 Amostragem

Sendo o soro de queijo Minas frescal uma matéria-prima muito variável em sua composição realizou-se primeiramente uma amostragem piloto, onde se coletou três amostras, com os resultados obtidos para cada análise utilizou-se o cálculo do tamanho ideal que leva em conta a variabilidade dos dados. Para encontrar o tamanho ideal, baseou-se na amplitude do intervalo de confiança para a média, calculou-se o tamanho n_0 para a população (EQUAÇÃO 7) (KÖEHLER, 1999).

$$n_0 = \frac{t^2 \cdot s^2}{d^2} \quad (7)$$

Onde:

n_0 = tamanho inicial da amostragem para população infinita;

$t = 2$ ou valor de tabela t de Student, com nível de significância de 95%;

d = percentagem de erro em torno da média, 5%;

S^2 = variância populacional ou sua estimativa.

Após a amostragem piloto seguiu-se com a coleta de amostras e para cada nova coleta os cálculos da amostragem eram refeitos a fim de se alcançar o número de amostras necessárias para um intervalo confiável.

3.2.3 Preparo das emulsões

Componentes como: soro de queijo, óleo, vinagre, sacarose, sal, pimenta e alho em pó, tiveram suas proporções fixadas conforme tabela 14. O soro de queijo líquido foi usado como fase aquosa, primeiramente dissolveu-se nessa fase os hidrocolóides misturados à sacarose, Sorbato de Potássio, BHT (Butil hidroxitolueno), pimenta e alho em pó e homogenizou-se por 10 minutos, então, adicionou-se o sal e o vinagre e fez-se a homogeneização por mais 5 minutos.

O último componente a ser adicionado foi o óleo de milho e essa mistura final foi homogenizada por 20 minutos, durante todo o processo manteve-se velocidade constante de 9000rpm. Foi utilizado o misturador para laboratório Silverson L4RT, com estator para emulsão (FIGURA 12).

TABELA 14 – COMPONENTES FIXOS NAS FORMULÂÇÕES

Componentes	(% em massa)
	Para todas as formulações
Soro	79
Vinagre	11,25
Óleo de milho	7
Sacarose	1
Cloreto de sódio	0,5
Alho em pó	0,1
Pimenta	0,05
Sorbato de Potássio	0,1
BHT*	0,0007

NOTA: *BHT = Butil hidroxitolueno

O ácido sórbico e os sorbatos são utilizados para conservar diferentes produtos, como as emulsões (margarina, maionese, manteiga e outras), também é recomendado o uso em soluções de gomas, pois essas são suscetíveis à degradação por bactérias, portanto, utilizou-se 0,1% (como ácido sórbico) de Sorbato de Potássio, para auxiliar na conservação das emulsões (SIMÃO, 1985; BRASIL, 1999a; MULTON, 2000). A oxidação lipídica foi inibida com a utilização de 0,01%, sobre o teor de gordura, de Butil Hidroxitolueno (BHT) (BRASIL, 1999b).



FIGURA 12 – MISTURADOR SILVERSON L4RT E ESTADOR COM ALTA TAXA DE CISALHAMENTO

FONTE: A autora (2008)

3.2.3.1 Delineamento experimental

Foram observados nas marcas comerciais os hidrocolóides mais utilizados em molhos para salada e buscou-se na literatura maiores informações a fim de restringir o número desses a serem testados, feita a seleção dos estabilizantes, conduziu-se testes com concentração máxima de 1% desses últimos de forma unitária, posteriormente binária.

Alginato de Propileno Glicol e Goma Xantana são muito utilizadas em misturas para molho de salada, principalmente quando se tem baixas concentrações de óleo, sabe-se também que essa combinação proporciona maior estabilidade a esses produtos (PETTITT *et al.*, 1995). Um inconveniente nessa mistura é o fato de o Alginato de Propileno Glicol ter alto valor comercial o que encarece a formulação, por esse motivo utilizou-se combinações ternárias tentando assim, reduzir ao máximo possível à utilização do mesmo, sem que ocorra a quebra de emulsão, o terceiro hidrocolóide foi selecionado mediante testes.

Sabendo-se então, que todos os hidrocolóides possuem a propriedade de aumentar consideravelmente a viscosidade da fase aquosa em concentrações muito baixas, freqüentemente inferiores a 1%, utilizou-se os 3 hidrocolóides com melhor

desempenho numa somatória dessa concentração (MULTON, 2000). Os espessantes utilizados foram Alginato de Propileno Glicol (APG), Goma Xantana (GX) e Carboximetilcelulose (CMC), para evitar perda na estabilidade e viscosidade da emulsão foram fixados limites superiores e inferiores para a concentração desses hidrocolóides, não esquecendo que a legislação determina um valor máximo de 0,8% de APG em molhos para salada (BRASIL, 1999a; BRASIL 1999b).

Foi utilizado o delineamento para superfícies limitadas e misturas, módulo do STATISTICA 7.1 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA), aplicando 3 variáveis: Alginato de Propileno Glicol (APG), Goma Xantana (GX) e Carboximetilcelulose (CMC). Esse delineamento foi aplicado porque os fatores das misturas (X_i) sofrem limitações de proporção (a_i e b_i):

$$0 \leq a_i \leq X_i \leq b_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, q \quad \sum X_i = 1$$

Onde:

a_i é o limite inferior e b_i é o limite superior, e esse algoritmo gera os pontos correspondentes aos vértices, os centróides das margens e das faces, além do ponto centróide da região experimental.

Como nenhum desses componentes poderia variar de 0–100% foi necessária à transformação em pseudocomponentes, que são combinações dos componentes originais, utilizadas para redefinir as coordenadas das misturas em relação ao espaço experimental a ser efetivamente estudado. Neste caso, o planejamento experimental é aplicado apenas à área delimitada por eles, dentro da qual o modelo será válido (CORNELL, 2002). Utilizando a equação 8 podem-se obter os pseudocomponentes de cada ponto experimental (TABELA 15), conforme Braga Neto (1998):

$$X'_i = (X_i - a_i) / (1 - \sum a_i) \quad (8)$$

Onde:

X'_i = Proporção em pseudocomponentes;

X_i = proporção original a ser convertida;

a_i = proporção original mínima.

No delineamento em questão, a proporção original mínima (a_i) é: 0,25 para as três variáveis, o que resulta num total de 0,75; sendo assim:

$$(1 - \sum a_i) = (1 - 0,75) = 0,25$$

Então:

$$X'_i = (X_i - a_i) / 0,25$$

Já que os 3 estabilizantes possuem a mesma proporção original mínima a transformação foi a seguinte:

$$X'_{1,2,3} = (X_{1,2,3} - 0,25) / 0,25 \quad (9)$$

TABELA 15 – DELINEAMENTO PARA SUPERFÍCIES LIMITADAS E MISTURAS AUMENTADO DE 7 TRATAMENTOS SENDO 4 PONTOS CENTRAIS, PARA AS MISTURAS DE APG, GX E CMC

Formulação	Pseudocomponentes			Componentes Originais		
	X'1	X'2	X'3	X1	X2	X3
1V	1	0	0	0,5	0,25	0,25
2V	0	1	0	0,25	0,5	0,25
3V	0	0	1	0,25	0,25	0,5
4C(1)	½	½	0	0,375	0,375	0,25
5C(1)	½	0	½	0,375	0,25	0,375
6C(1)	0	½	½	0,25	0,375	0,375
7C(2)	1/3	1/3	1/3	0,333	0,333	0,333

NOTA: X'1 = Alginato de Propileno Glicol, X'2 = Goma Xantana, X'3 = Carboximetilcelulose. Onde: $X'1 + X'2 + X'3 = 1$ ou 100%. V = vertex, C = centroid. Restrição: $X'1, X'2$ e $X'3 \geq 0,25 \leq 0,5$. (n) = nº de repetições nos pontos.

Na representação do ajuste dos valores de resposta, que são os parâmetros reológicos, utilizou-se a equação cúbica (EQUAÇÃO 10) em termos de pseudocomponentes. A significância estatística das equações foi feita por análise de variância, ANOVA, a nível de 5% de confiança. O software utilizado foi o STATISTICA 7.1 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA).

$$\hat{Y} = b'1X'1 + b'2X'2 + b'3X'3 + b'1b'2X'1X'2 + b'1b'3X'1X'3 + b'2b'3X'2X'3 + b'1b'2b'3X'1X'2X'3 \quad (10)$$

Onde:

\hat{Y} = estimativa da resposta coeficiente de consistência (K), índice de comportamento (n) e viscosidade aparente (η_{ap}) nas temperaturas de 4 e 25°C;

$b'i$ = coeficientes da equação (determinados conforme CORNELL, 2002);

$X'i$ = proporção dos pseudocomponentes.

3.2.4 Comportamento reológico e superfície de resposta

Foi utilizado Reomêtro RAAKE RS1 (FIGURA 13), com banho de circulação e sensor cone/placa C60/2° Ti – Nr, sendo uma placa plana inferior estacionária e um cone rotatório superior com diâmetro de 60 mm e ângulo de cone igual a 2°. O fluido permanece entre a placa e o cone sem derramar devido à sua tensão superficial, e deve preencher inteiramente o espaço entre eles, de modo que as medidas não sejam alteradas (aproximadamente 2,5 mL). O cone atua em velocidades de cisalhamento controladas e o arraste viscoso sob o cone rotativo exerce uma força de rotação proporcional à tensão de cisalhamento. A taxa de cisalhamento foi controlada de 0,1 a 200 s⁻¹ e as emulsões foram analisadas logo após o seu preparo, para obtenção das variáveis de interesse. O tempo de corrida para cada ensaio foi programado para 2 minutos, sendo 1 minuto para curva ascendente e 1 minuto para curva descendente, entre essas curvas se manteve um intervalo de 0,5 minutos a uma taxa constante de 200 s⁻¹. Os ensaios foram realizados em triplicata.

Conforme Rao e Rizvi (1986) os fluidos em alimentos são submetidos a diferentes temperaturas durante o processamento, estocagem, transporte, exposição e consumo. Por essa razão, as propriedades reológicas são estudadas em função da temperatura, sendo assim, as análises foram realizadas a 4°C e 25°C. Essas temperaturas foram escolhidas por esse tipo de produto, molho para salada, ser comercializado a temperatura ambiente e após aberta a embalagem a conservação é sob refrigeração.

Os dados de tensão de cisalhamento (τ) e viscosidade aparente (η_{ap}) foram obtidos pelo software HAAKE RHEOWIN SOFTWARE (versão 3.0, Alemanha). Os dados experimentais foram ajustados de acordo com o modelo reológico de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) utilizando o software ORIGIN 7.0 (OriginLab Corporation, MA, USA), onde se obteve os parâmetros reológicos: índice de comportamento (n) e coeficiente de consistência (K); e estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), Qui-quadrado (χ^2) e a soma do quadrado do resíduo (SQR), os quais foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) com o programa MSTATC (versão 2.10, Michigan, USA), (KÖEHLER, 1999).



FIGURA 13 – REOMÊTRO RAAKE RS1 E SENSOR CONE/PLACA C60/2°Ti – Nr
FONTE: A autora (2008)

Com Metodologia de Superfície de Resposta avaliou-se a influência dos estabilizantes APG, GX e CMC nos parâmetros reológicos, nas temperaturas de 4°C e 25°C, obtidos pelo modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), o software utilizado foi o STATISTICA 7.1 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA).

3.2.5 Estabilidade das emulsões

3.2.5.1 Microscopia

As emulsões foram analisadas em diferentes estágios: 0, 30, 60, 90 e 120 dias, as amostras foram mantidas a temperatura de refrigeração durante todo o período. Utilizou-se microscópio Olympus BX50, com objetiva de 200x de aumento, acoplado de câmera digital Sony CCD-IRIS, modelo DXC – 107A, com saída da imagem em microcomputador contendo o programa Image - Pró plus para Windows.

3.2.5.2 “Creaming”

O “creaming” foi avaliado visualmente com acompanhamento diário durante um período de 120 dias. Dando atenção à possível formação de duas camadas no recipiente; uma concentrada que ascende e outra menos concentrada, chamada de soro, que descende; característico do “creaming”. Foram utilizados tubos para centrífuga esterilizados e com tampa (FIGURA 14) contendo 10 mL de amostra, onde as emulsões foram mantidas a temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) em suportes adequados para os tubos. Essa metodologia foi adaptada de Paraskevopoulou, Boskou e Kiosseoglou (2005).



FIGURA 14 – MODELO DE TUBO DE CENTRÍFUGA UTILIZADO

FONTE: A autora (2008)

3.2.6 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas em triplicata no laboratório Zínia, Joinville – SC, onde foi investigada a Contagem de Coliformes/g a 45°C, Estafilococos coagulase positiva/g e pesquisa de *Salmonella sp*/25g. Conforme exigência da legislação (BRASIL, 2001).

3.2.7 Análise sensorial

Os testes de avaliação sensorial foram realizados no laboratório de Análise Sensorial, Usinas Piloto (bloco B), do programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos da UFPR. A primeira etapa consistiu de um teste triangular para verificar se existia diferença entre as formulações 3 (F3) e 7 (F7). Numa segunda etapa foram aplicados os testes de comparação pareada-preferência, perfil de atributos e na análise afetiva o teste de aceitação, atitude de compra e de preferência das formulações propostas. As metodologias aplicadas são descritas a seguir.

3.2.7.1 Teste triangular

Para selecionar as formulações 3 (F3) (APG 0,25%; GX 0,25 e CMC 0,50%) e 7 (F7) (APG 0,333%; GX 0,333% e CMC 0,333%) utilizadas nesse teste, baseou-se nos dados reológicos de viscosidade aparente (η_{ap}), selecionado as com maior viscosidade. Considerou-se também a estabilidade e o custo, sendo que não houve diferença entre as formulações quanto à estabilidade uma vez que todas se mostraram estáveis mediante os testes realizados.

Foram servidas três amostras de molho para salada sendo duas iguais e uma diferente. As amostras foram devidamente codificadas e servidas aos julgadores aleatoriamente, foram apresentadas em séries formando diferentes combinações, variando a ordem de apresentação. Foi solicitado aos julgadores para provar as amostras da esquerda para direita, e assinalar a amostra diferente. Os resultados foram analisados baseando-se no teste do Qui-Quadrado. Participaram

do teste 30 julgadores. A metodologia utilizada seguiu os padrões estabelecidos pela ABNT – NBR 12995 (ABNT, 1993).

3.2.7.2 Teste de comparação pareada-preferência

As amostras de molho para salada elaboradas com 0,15% de salsa e com 0,15% de hortelã, foram codificadas como 461 e 672 respectivamente, para essas formulações finais foi utilizada a formulação 3 (F3) como base. Estas foram apresentadas aos julgadores, juntamente com a ficha de avaliação (FIGURA 15), aos quais foi solicitado qual das amostras é a preferida com relação à aparência, sabor e consistência. Cada julgador assinalou com um círculo a formulação preferida. Trata-se de uma técnica de escolha forçada. A análise dos resultados da técnica de escolha forçada é baseada na distribuição Qui-Quadrado. Este teste fora realizado de acordo com a metodologia estabelecida pela NBR 13088 (ABNT, 1994).

TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA-PREFERÊNCIA	
Nome _____	
Data: _____	Sexo: F () M ()
Instruções:	
Você está recebendo 2 amostras de molho para salada, prove cuidadosamente da esquerda para a direita e circule a amostra de sua preferência quanto aos atributos aparência, sabor e consistência.	
NÚMERO DA AMOSTRA	
461	672
Comentários: _____	

FIGURA 15: FICHA UTILIZADA NO TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA – PREFERÊNCIA
FONTE: A autora (2008)

3.2.7.3 Perfil de atributos

Este teste aproxima-se ao uso de uma escala de intensidade para cada atributo. Os valores da intensidade estão relacionados com a preferência do consumidor e correlacionados com a ordem de aceitação e com o grau que os produtos aproximam-se do ideal do consumidor (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991).

Neste teste os 30 julgadores avaliaram os atributos como aparência, sabor, e consistência, as formulações foram codificadas com três dígitos aleatoriamente pelos números 461 e 672, correspondendo a 0,15% de salsa e 0,15% de hortelã, respectivamente. Para avaliar tais atributos os julgadores utilizaram uma escala de quanto gostou ou desgostou de nove pontos, conforme modelo de ficha na figura 16. Os dados obtidos foram analisados utilizando análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e o contraste entre as médias pelo teste de Tukey para identificar a diferença entre as formulações, seguindo a metodologia estabelecida pela ABNT – NBR 14141 (ABNT, 1998) e Meilgaard, Civille e Carr (1991). O programa utilizado foi o MSTAT-C (versão 2.10, Michigan, USA).

PERFIL DE ATRIBUTOS		
Nome _____		
Data: _____		Sexo: F () M ()
Instruções:		
Você está recebendo 2 amostras de molho para salada, prove cuidadosamente da esquerda para a direita e marque com um X na escala abaixo a sua opinião sobre cada atributo.		
Aparência	Sabor	Consistência
<input type="checkbox"/> Gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> Gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> Gostei muitíssimo
<input type="checkbox"/> Gostei muito	<input type="checkbox"/> Gostei muito	<input type="checkbox"/> Gostei muito
<input type="checkbox"/> Gostei regularmente	<input type="checkbox"/> Gostei regularmente	<input type="checkbox"/> Gostei regularmente
<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> Nem gostei, nem desgostei	<input type="checkbox"/> Nem gostei, nem desgostei	<input type="checkbox"/> Nem gostei, nem desgostei
<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> Desgostei regularmente	<input type="checkbox"/> Desgostei regularmente	<input type="checkbox"/> Desgostei regularmente
<input type="checkbox"/> Desgostei muito	<input type="checkbox"/> Desgostei muito	<input type="checkbox"/> Desgostei muito
<input type="checkbox"/> Desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> Desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> Desgostei muitíssimo
Comentários: _____		

FIGURA 16: FICHA UTILIZADA NO TESTE PERFIL DE ATRIBUTOS

FONTE: A autora (2008)

3.2.7.4 Análise afetiva

Nesta fase foi usado o método afetivo, teste de Aceitação. O teste de aceitação foi aplicado a 30 julgadores que degustaram as amostras de molho de salada (0,15% de salsa e 0,15% de hortelã). As amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e o julgamento consistiu em marcar uma das opções na escala de nove pontos proposta, conforme ficha apresentada na figura 17. Solicitou-se ainda a cada julgador que descrevesse o atributo que mais agradou. Os dados obtidos na análise sensorial foram expressos em percentagem, seguindo a metodologia estabelecida pela ABNT – NBR 14141 (ABNT, 1998) e Meilgaard, Civille e Carr (1991).

TESTE DE ACEITAÇÃO	
Nome _____	
Data: _____	Sexo: F () M ()
Instruções:	
Você está recebendo 2 amostras de molho para salada, prove cuidadosamente da esquerda para a direita e descreva qual atributo você mais e menos gostou em cada amostra.	
O que você mais gostou e menos gostou na amostra?	
Mais gostei: _____	Menos gostei: _____
Comentários: _____	

FIGURA 17: FICHA UTILIZADA NO TESTE DE ACEITAÇÃO

FONTE: A autora (2008)

3.2.7.5 Teste atitude de compra e consumo

Participaram 30 julgadores os quais avaliaram as amostras com uma escala de 5 pontos, onde deveriam assinalar a intenção de compra, conforme figura 18. Os dados foram expressos em percentagem seguindo a metodologia estabelecida pela ABNT – NBR 14141 (ABNT, 1998) e Meilgaard, Civille e Carr (1991).

ATITUDE DE COMPRA OU CONSUMO	
Nome _____	
Data: _____	Sexo: F() M()
Instruções:	
Você está recebendo 2 amostras de molho para salada, prove cuidadosamente da esquerda para a direita e marque com um X a sua opinião sobre essas amostras na escala abaixo.	
Se você encontrasse esse produto no mercado você:	
<input type="checkbox"/> Certamente compraria	
<input type="checkbox"/> Provavelmente compraria	
<input type="checkbox"/> Talvez comprasse, talvez não comprasse	
<input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria	
<input type="checkbox"/> Certamente não compraria	
Comentários: _____	

FIGURA 18: FICHA UTILIZADA NO TESTE ATITUDE DE COMPRA E CONSUMO
FONTE: A autora (2008)

3.2.8 Análises químicas

A caracterização química da formulação final foi realizada no Laboratório de Química Analítica Aplicada (LQAA) do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, as análises foram realizadas em triplicata e o resultado expresso pela média dos valores. A tabela 16 mostra as análises e os métodos utilizados.

TABELA 16 – MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES 461 (0,15% SALSA) E 672 (0,15% HORTELÃ)

ANÁLISES	MÉTODO
Proteínas	Determinação após quantificação do nitrogênio total e multiplicado pelo fator de conversão 6,38. O nitrogênio total foi quantificado pelo método de Kjeldhal, LANARA (1981).
pH	Determinação eletrométrica utilizando pHmetro modelo TEC – 3MP da marca TECNAL, com ajuste de temperatura e calibração, para todas as determinações, método nº17/IV (IAL, 2005).
Carboidratos totais	Conforme Somogyi (1945) e Nelson (1944).
Gordura total	Butirômetro (LANARA, 1981).
Valor calórico total	Valor calórico = (4 X proteína) + (9 X lipídios) + (4X carboidratos). (SOUCI, FACHMAN E KRAUT, 2000).

Os dados foram analisados utilizando análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p \leq 0,05$), com o programa MSTATC (versão 2.10, Michigan, USA) para identificar a diferença entre as formulações 461 (0,15% salsa) e 672 (0,15% hortelã).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL

Os dados obtidos e analisados podem ser observados na tabela 17, o número de repetições para cada parâmetro variou conforme o erro obtido, seguindo a equação 7.

Para a determinação da proteína foram testados três métodos diferentes a fim de encontrar o com melhor ajuste para a amostra em questão, o método espectrofotométrico de Bradford (1976), Macro-Kjeldahl conforme BRASIL (2006) e Macro-Kjeldahl conforme LANARA (1981), sendo que o método com melhor reprodutibilidade foi o último citado. Isso se deve ao fato do método de Bradford (1976) não ser indicado em amostras com proteínas de baixa massa molecular, outro problema foi o cloreto de sódio e a gordura presentes na amostra do soro de queijo que são interferentes desse método (WIMSATT, 1987; STOSCHECK, 1990; PANDE; Murthy, 1994). O segundo método não teve boa reprodutibilidade, apresentando valores não coerentes para o branco. A proteína teve um valor médio de 0,78%, resultado semelhante foi obtido por Prudêncio e Benedet (1999) e Porto, Santos e Miranda (2005).

TABELA 17. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL

ANÁLISE	n° DE AMOSTRAGENS	MÉDIA E DESVIO PADRÃO
Proteínas (%)	8	0,78 ± 0,02
RMF* (%)	8	2,37 ± 0,02
pH	8	6,33 ± 0,08
EST* (%)	10	8,63 ± 0,32
Lactose (%)	4	3,68 ± 0,89
Densidade	5	1,036 ± 0,002
Acidez titulável (°D)*	10	11 ± 0,47
NaCl (%)	5	0,35 ± 0,15
Gordura (%)	30	0,73 ± 0,04

NOTA: *RMF = resíduo mineral fixo; EST = extrato seco total; °D = graus Dornic.

O valor médio obtido para o pH (6,33) está de acordo com Souza, Bezerra e Bezerra (2005), que determinaram pH 6,3 no estudo da utilização de soro de queijo Minas frescal no processamento de pães. Para acidez esses mesmos autores

obtiveram 13^oD, um valor médio menor foi determinado nas análises do presente trabalho (11^oD). Essa diferença pode ser explicada uma vez que o soro analisado é resultante do processamento onde a salga é realizada na massa, ainda no tanque de coagulação, tal fator dificultaria o desenvolvimento das bactérias presentes nesse soro, ocasionando uma produção menor de ácido láctico.

A densidade do soro mostrou-se um pouco mais elevada do que na literatura, isso se deve ainda ao cloreto de sódio presente oriundo do processamento, fato semelhante foi observado por Saboya *et al.* (1998).

A porcentagem de extrato seco total ($8,63 \pm 0,32$) e resíduo mineral fixo ($2,37 \pm 0,02$) mostram-se superiores as encontradas, respectivamente, por Serpa (2005) e Prudêncio e Benedt (1999), isso pode ser explicado devido às amostras de soro não terem sido filtradas, o que resultou em quantidades maiores de resíduo do queijo e conseqüentemente em valores maiores para essas determinações. Não se pode ignorar o teor de cloreto de sódio presente nas amostras que também influenciou.

O valor para lactose ($3,68 \pm 0,89$) foi próximo aos dois últimos autores citados. Para gordura a porcentagem obtida foi de $0,73 \pm 0,04$ e para o cloreto de sódio foi de $0,35 \pm 0,15$.

4.2 COMPORTAMENTO REOLÓGICO E SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Curvas típicas de escoamento para todas as formulações estão representadas na figura 19, não foi observada diferença entre as curvas crescentes (taxa de cisalhamento $0,1 - 200 \text{ s}^{-1}$) e decrescentes (taxa de cisalhamento de $200 - 0,1 \text{ s}^{-1}$). Tanto na curva ascendente quanto na descendente foram obtidos 30 pontos de taxa de cisalhamento *versus* tensão de cisalhamento, resultando num total de 60 pontos, dos quais foi calculado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de cisalhamento. Essa taxa de cisalhamento foi utilizada anteriormente por Akhtar, Murray e Dickinson (2006) em emulsões lácticas O/A.

Os resultados apresentados são as médias das triplicatas experimentais. Deste ponto em diante as formulações serão representadas pela letra F e número correspondente.

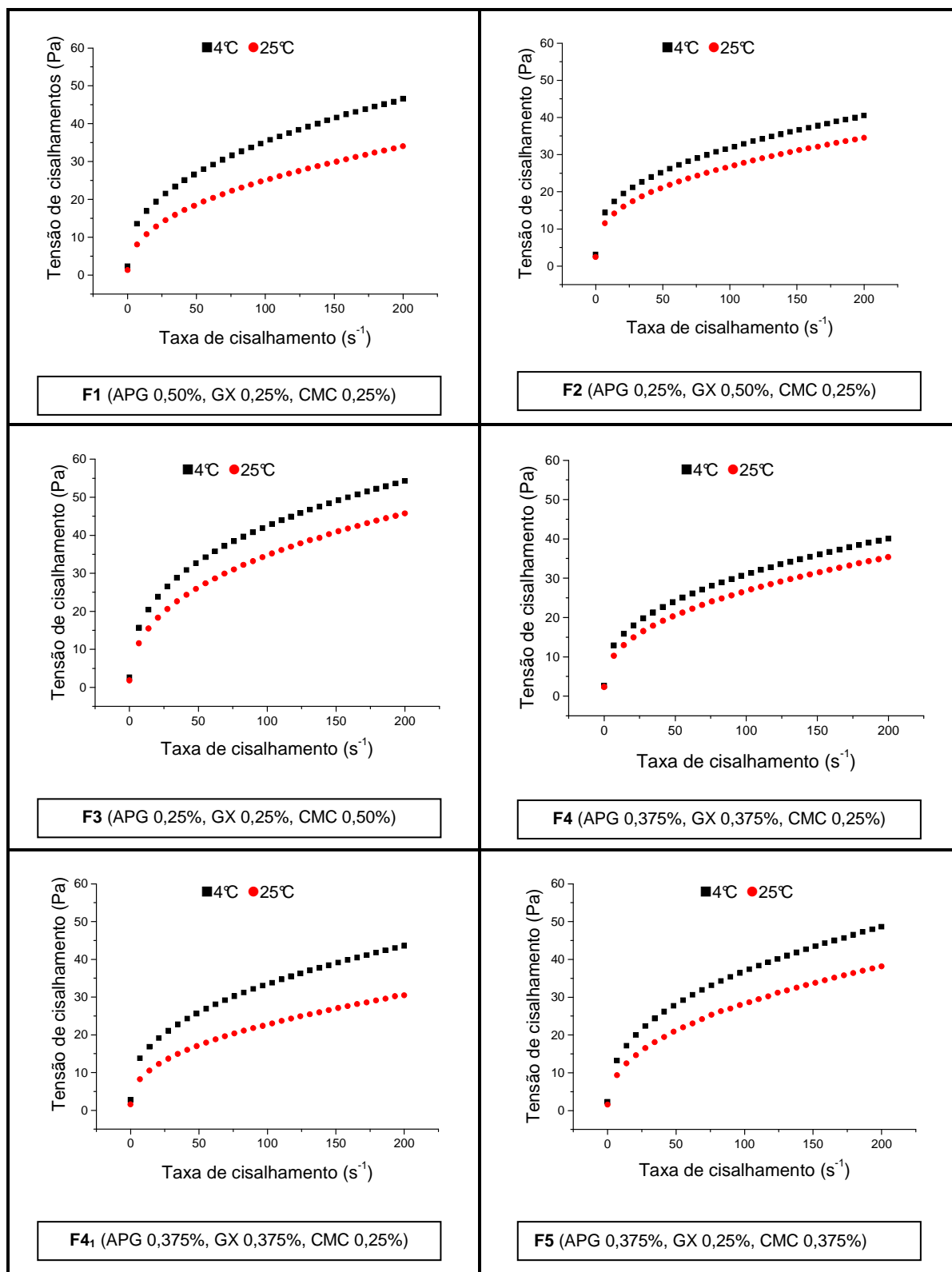


FIGURA 19: REOGRAMAS DAS FORMULAÇÕES NAS TEMPERATURAS DE 4 E 25°C
CONTINUA

NOTA: $F_{n_1 \text{ ou } 2}$ = n° da repetição.

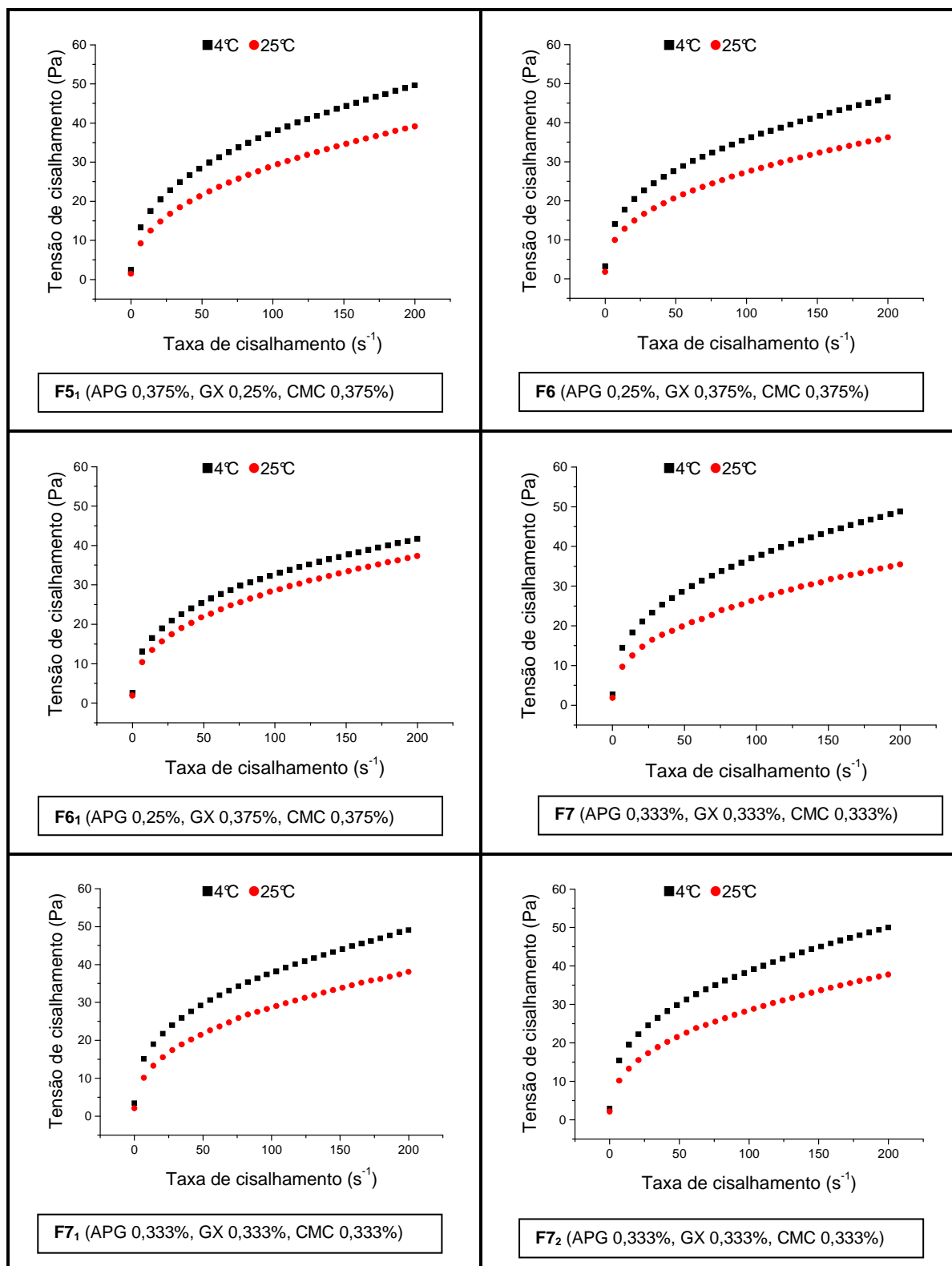


FIGURA 19: REOGRAMAS DAS FORMULAÇÕES NAS TEMPERATURAS DE 4 E 25°C
CONCLUSÃO

NOTA: F_{n₁ ou 2} = n° da repetição.

Na figura 19 pode-se observar uma relação não-linear entre a taxa e a tensão de cisalhamento, comportamento típico de fluidos não-Newtonianos (SARAVACOS; MAROULIS, 2001). Todas as formulações tiveram bom ajuste ao modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), conforme pode ser observado nas figuras 20 e 21 e nas tabelas 18 e 19, uma vez que o coeficiente de determinação (R^2) do modelo para as diferentes formulações foram próximos ou iguais a 1. Já o Qui-quadrado (χ^2) apresentou baixos valores, o que também demonstra um bom ajuste ao modelo referido. Além do modelo já citado os dados também foram ajustados conforme o modelo de Herschel-Bulkley, mas como esse modelo considera a tensão inicial, uma vez que as formulações apresentaram valores muito baixos ou negativos para tal parâmetro, isso devido à baixa viscosidade das amostras, optou-se pelo primeiro modelo.

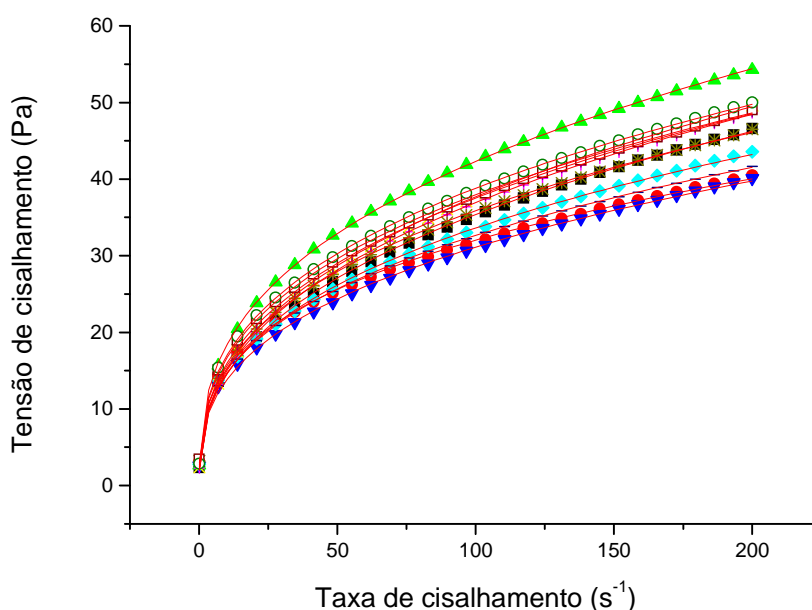


FIGURA 20: REOGRAMA DAS FORMULAÇÕES A 4°C AJUSTADOS PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA

NOTA: ■F1 (APG 0,50%, GX 0,25%, CMC 0,25%), ●F2 (APG 0,25%, GX 0,50%, CMC 0,25%), ▲F3 (APG 0,25%, GX 0,25%, CMC 0,50%), ▼F4, ◆F4₁ (APG 0,375%, GX 0,375%, CMC 0,25%), +F5, ×F5₁(APG 0,375%, GX 0,25%, CMC 0,375%), *F6, -F6₁ (APG 0,25%, GX 0,375%, CMC 0,375%), IF7, □F7₁, ○F7₂ (APG 0,333%, GX 0,333%, CMC 0,333%), - ajuste LP.

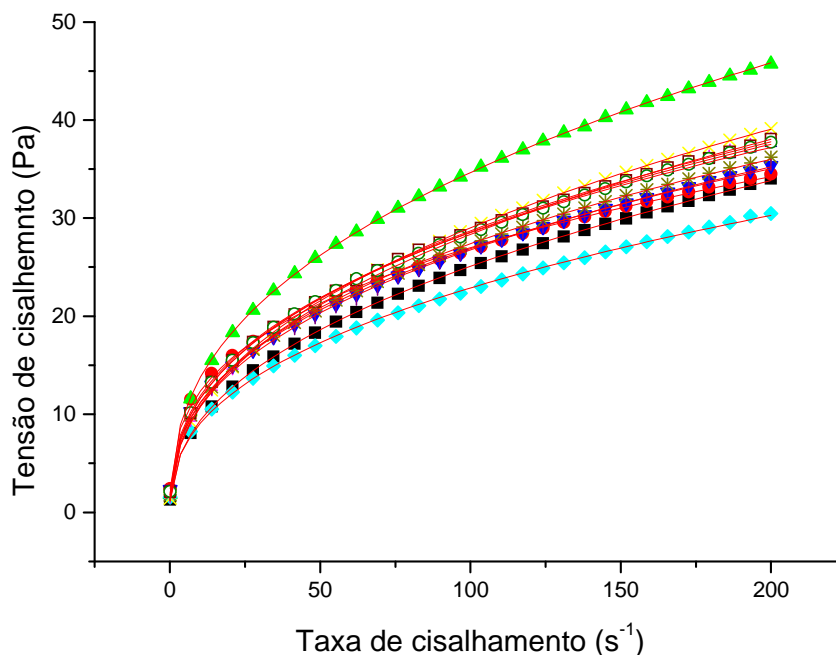


FIGURA 21: REOGRAMA DAS FORMULAÇÕES A 25°C AJUSTADOS PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA

NOTA: ■ **F1** (APG 0,50%, GX 0,25%, CMC 0,25%), ● **F2** (APG 0,25%, GX 0,50%, CMC 0,25%), ▲ **F3** (APG 0,25%, GX 0,25%, CMC 0,50%), ▼ **F4**, ◆ **F4₁** (APG 0,375%, GX 0,375%, CMC 0,25%), + **F5**, × **F5₁** (APG 0,375%, GX 0,25%, CMC 0,375%), * **F6**, - **F6₁** (APG 0,25%, GX 0,375%, CMC 0,375%), IF7, □ **F7₁**, ○ **F7₂** (APG 0,333%, GX 0,333%, CMC 0,333%), — ajuste LP.

O modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) foi utilizado anteriormente em diferentes tipos de alimentos por diversos autores como: Nguyen *et al.* (1998); Rodrigues, Gozzo e Moretti (2003); Vidal, Pelegrini e Gasparetto (2004); Vidal - Martins *et al.* (2005); Paraskevopoulou, Boskou e Kiosseoglou (2005); Sun, Gunasekaran e Richards (2007), na descrição do comportamento reológico de géis de amido de milho sem tensão inicial; extratos de grão, farinha integral e isolado protéico de soja; polpa de manga; leite UAT/UHT; emulsão O/A contendo suco de limão e óleo de oliva e emulsão O/A estabilizada por proteína de soro de leite, respectivamente.

TABELA 18: PARÂMETROS REOLÓGICOS AJUSTADOS PELO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA NA TEMPERATURA DE 4°C PARA TODAS AS FORMULAÇÕES E REPETIÇÕES

FORMULAÇÕES (APG/GX/CMC)	Coefficiente de Consistência K (Pa.s ⁿ)	Índice de Comportamento n (adimensional)	SQR	R ²	X ²
F1 (0,50/0,25/0,25)	6,187 ± 0,020 d	0,393 ± 0,001 a	0,14153	0,9994	0,06302
F2 (0,25/0,50/0,25)	7,238 ± 0,092 abc	0,323 ± 0,003 e	0,18852	0,9994	0,0758
F3 (0,25/0,25/0,50)	7,959 ± 0,040 a	0,363 ± 0,001 abcd	0,09135	0,9998	0,01931
F4 (0,375/0,375/0,25)	6,111 ± 0,069 d	0,353 ± 0,002 d	0,14273	0,9994	0,05293
F4 ₁ (0,375/0,375/0,25)	6,335 ± 0,082 cd	0,362 ± 0,003 bcd	0,16928	0,9999	0,07915
F5 (0,375/0,25/0,375)	6,083 ± 0,025 d	0,392 ± 0,001 ab	0,05074	0,9998	0,00871
F5 ₁ (0,375/0,25/0,375)	5,978 ± 0,068 d	0,386 ± 0,002 abc	0,0495	0,9996	0,00773
F6 (0,25/0,375/0,375)	6,789 ± 0,058 bcd	0,362 ± 0,002 cd	0,13091	0,9998	0,03886
F6 ₁ (0,25/0,375/0,375)	6,598 ± 0,014 bcd	0,347 ± 0,001 de	0,03423	1	0,00208
F7 (0,333/0,333/0,333)	6,792 ± 0,045 bcd	0,371 ± 0,001 abcd	0,09301	0,9998	0,02555
F7 ₁ (0,333/0,333/0,333)	7,29 8 ± 0,071 ab	0,358 ± 0,002 cd	0,15507	0,9984	0,05699
F7 ₂ (0,333/0,333/0,333)	7,448 ± 0,049 ab	0,358 ± 0,001 cd	0,10166	0,9999	0,0274

NOTA: APG = Alginato de Propileno Glicol; GX = Goma Xantana; CMC = Carboximetilcelulose.

Médias ± desvio padrão seguidas da mesma letra na mesma coluna, são significativamente iguais pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). SQR – soma do quadrado dos resíduos, R² – coeficiente de determinação, X² – Qui-quadrado.

Os valores de índice de comportamento ($n < 1$) (TABELAS 18 e 19) sugerem um comportamento pseudoplástico, esses fluidos têm diminuição da viscosidade aparente quando ocorre aumento da taxa de cisalhamento, isso pode ser explicado devido a forças hidrodinâmicas que se tornam mais intensas provocando uma ruptura progressiva e um alongamento do sistema que permite um alinhamento com o escoamento e por conseqüência, uma redução da viscosidade (CASTRO, 2002).

TABELA 19: PARÂMETROS REOLÓGICOS AJUSTADOS PELO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA NA TEMPERATURA DE 25°C PARA TODAS AS FORMULAÇÕES E REPETIÇÕES

FORMULAÇÕES (APG/GX/CMC)	Coefficiente de Consistência K (Pa.s ⁿ)	Índice de Comportamento n (adimensional)	SQR	R ²	X ²
F1 (0,50/0,25/0,25)	3,449 ± 0,018 f	0,431 ± 0,001 a	0,04037	0,9999	0,00654
F2 (0,25/0,50/0,25)	5,584 ± 0,070 a	0,342 ± 0,003 d	0,14654	0,9993	0,05083
F3 (0,25/0,25/0,50)	5,392 ± 0,021 a	0,404 ± 0,001 abc	0,05284	0,9998	0,00726
F4 (0,375/0,375/0,25)	4,626 ± 0,056 bc	0,382 ± 0,002 c	0,12033	0,9985	0,04319
F4 ₁ (0,375/0,375/0,25)	3,561 ± 0,040 ef	0,404 ± 0,002 abc	0,08705	0,9994	0,02577
F5 (0,375/0,25/0,375)	4,027 ± 0,021 d	0,424 ± 0,001 ab	0,05474	0,9999	0,00794
F5 ₁ (0,375/0,25/0,375)	4,023 ± 0,008 de	0,429 ± 0,001 a	0,02631	1	0,00116
F6 (0,25/0,375/0,375)	4,470 ± 0,034 bcd	0,394 ± 0,002 c	0,07395	0,9999	0,01672
F6 ₁ (0,25/0,375/0,375)	4,890 ± 0,018 b	0,383 ± 0,001 c	0,05227	0,9999	0,00425
F7 (0,333/0,333/0,333)	4,306 ± 0,060 cd	0,397 ± 0,003 bc	0,13368	0,9995	0,05223
F7 ₁ (0,333/0,333/0,333)	4,642 ± 0,032 bc	0,396 ± 0,002 bc	0,10010	0,9993	0,01578
F7 ₂ (0,333/0,333/0,333)	4,672 ± 0,033 bc	0,393 ± 0,001 c	0,08482	0,9992	0,01608

NOTA: APG = Alginato de Propileno Glicol; GX = Goma Xantana; CMC = Carboximetilcelulose.

Médias ± desvio padrão seguidas da mesma letra na mesma coluna, são significativamente iguais pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). SQR – soma do quadrado dos resíduos, R² – coeficiente de determinação, X² – Qui-quadrado.

Quanto mais o valor de n se aproxima de 1 maior a tendência do fluido ao comportamento Newtoniano. Pettitt *et al.* (1995), estudaram o comportamento reológico de emulsões estabilizadas por GX e APG e observaram que estas apresentavam uma tendência maior ao comportamento Newtoniano devido ao considerável aumento no parâmetro n que foi observado quando comparadas a emulsões estabilizadas somente por GX, esse resultado foi obtido em emulsões contendo 0,33% GX e 0,55% APG, o n dimensionado foi de 0,4353.

Nas formulações analisadas no presente trabalho, o maior valor de n obtido foi para F1 (APG 0,50%; XG 0,25%; CMC 0,25%) à temperatura de 4°C, esse valor diferiu estatisticamente das demais formulações. Isso se deve provavelmente a uma maior concentração de APG, uma vez que esse hidrocolóide é conhecido por proporcionar um aumento do parâmetro n em soluções submetidas à taxa de

cisalhamento superior a 100s^{-1} (KING, 1983). A temperatura de 25°C a F1 (APG 0,50%; XG 0,25%; CMC 0,25%) e F5 (APG 0,375%, GX 0,25%, CMC 0,375%) obtiveram valores estatisticamente iguais, esses valores foram próximos ao obtido por Pettitt *et al.* (1995). Tal fato deve-se provavelmente a uma maior concentração de APG, logo após a F1; e a uma menor concentração de GX.

Outra observação relevante é que o aumento da concentração de GX foi inversamente proporcional ao índice de comportamento (n), independente da temperatura utilizada, o que pode ser observado na figura 22. Isso sugere que a pseudoplasticidade é mais evidente em concentrações maiores de GX, pois a formulação F2 (APG 0,25%; GX 0,50%; CMC 0,25%) apresentou os menores valores, esses dados corroboram com os obtidos por Sun, Gunasekaran e Richards (2007) quando estudaram o efeito da GX nas propriedades físico-químicas de isolado protéico de soro de leite como estabilizante de emulsão O/A.

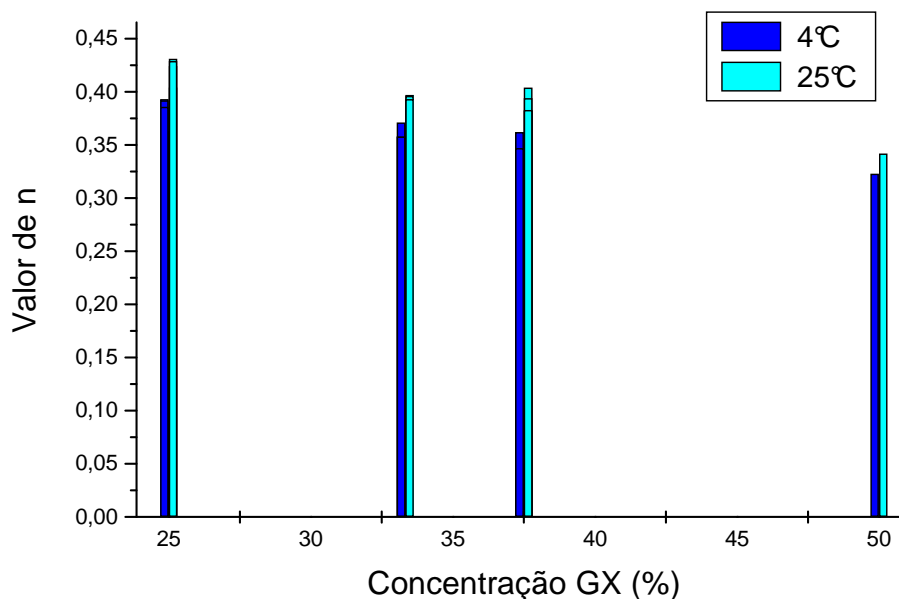


FIGURA 22: VALORES DE n PARA AS CONCENTRAÇÕES DE GX

Ocorreu um leve aumento no índice de comportamento (n) a temperatura de 25°C , tal fato reporta Krokida, Maroulis e Saravacos (2001), quando sugerem que esse parâmetro é pouco afetado pela temperatura, com um pequeno aumento em altas temperaturas.

O ajuste matemático aos modelos linear e quadrático, mostrou falta de ajuste, sendo que o modelo cúbico especial apresentou ajuste satisfatório para os parâmetros reológicos: coeficiente de consistência (K), índice de comportamento (n) e viscosidade aparente (η_{ap}), a tabela 20 mostra os coeficientes das equações ajustados a esse modelo para os parâmetros já citados juntamente ao erro padrão respectivo.

TABELA 20: COEFICIENTES DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA OS PARÂMETROS n, K E

		η_{ap}						
		4°C						
PARÂMETROS		PSEUDOCOMPONENTES						
K		X'1	X'2	X'3	X'1X'2	X'1X'3	X'2X'3	X'1X'2X'3
Coeficientes		5,974*	7,231*	7,952*	- 1,538	- 3,326*	- 3,615*	28,707*
Erro padrão		0,193	0,193	0,193	0,773	0,773	0,773	4,263
n								
Coeficientes		0,387*	0,323*	0,363*	0,012	0,0697*	0,045*	- 0,243*
Erro padrão		0,003	0,003	0,003	0,013	0,013	0,013	0,070
η_{ap}								
Coeficientes		358,83*	324*	432*	- 50,50	- 64,67	- 117*	1116,50*
Erro padrão		10,21	10,21	10,21	40,85	40,85	40,85	225,13
		25°C						
PARÂMETROS		PSEUDOCOMPONENTES						
K		X'1	X'2	X'3	X'1X'2	X'1X'3	X'2X'3	X'1X'2X'3
Coeficientes		3,448*	5,588*	5,391*	- 1,749*	- 1,571*	- 3,245*	12,004*
Erro padrão		0,177	0,177	0,177	0,709	0,709	0,709	3,909
n								
Coeficientes		0,431*	0,342*	0,404*	0,029	0,036*	0,062*	- 0,282*
Erro padrão		0,004	0,004	0,004	0,016	0,016	0,016	0,090
η_{ap}								
Coeficientes		255,50*	272*	353,17*	- 49,33	- 51,67	- 109*	436,50*
Erro padrão		7,24	7,24	7,24	28,97	28,97	28,97	159,63

NOTA: *Coeficientes significativos. X'1 = APG, X'2 = GX, X'3 = CMC.

As equações de regressão do modelo cúbico especial, em pseudocomponentes, juntamente com o coeficiente de determinação e o erro padrão para os parâmetros reológicos nas temperaturas de 4 e 25°C estão na tabela 21. Percebe-se que para o coeficiente de consistência (K) a interação ternária foi a mais importante, já para o índice de comportamento (n) o pseudocomponente X'1, que representa o APG, foi mais significativo, o que era de se esperar uma vez que esse espessante influi nesse parâmetro, conforme já discutido. Na viscosidade aparente (η_{ap}) a interação ternária foi a mais relevante, mas o pseudocomponente X'3

também se mostrou importante, tal fato deve-se ao CMC contribuir para o aumento desse parâmetro, o que é discutido adiante.

TABELA 21: EQUAÇÕES DE REGRESSÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO PARA OS PARÂMETROS REOLÓGICOS

TEMPERATURA 4°C	R^2	Ep
$K = 5,97X'1 + 7,23X'2 + 7,95X'3 - 3,33X'1X'3 - 3,61X'2X'3 + 28,71X'1X'2X'3$	0,80	3,70
$n = 0,39X'1 + 0,32X'2 + 0,36X'3 + 0,07X'1X'3 + 0,046X'2X'3 - 0,24X'1X'2X'3$	0,93	0,001
$\eta_{ap} = 358,83x'1 + 324x'2 + 432x'3 - 117x'2x'3 + 1116,5x'1x'2x'3$	0,80	318,36
TEMPERATURA 25°C		
$K = 3,45X'1 + 5,59X'2 + 5,39X'3 - 1,749X'1X'2 - 1,57X'1X'3 - 3,24X'2X'3 + 12X'1X'2X'3$	0,81	2,74
$n = 0,43X'1 + 0,342X'2 + 0,40X'3 + 0,04X'1X'3 + 0,06X'2X'3 - 0,28X'1X'2X'3$	0,92	0,002
$\eta_{ap} = 255,5X'1 + 272X'2 + 353,17X'3 - 109X'2X'3 + 436,5X'1X'2X'3$	0,84	171,87

NOTA: R^2 – coeficiente de determinação, Ep – erro padrão. $X'1 = \text{APG}$, $X'2 = \text{GX}$, $X'3 = \text{CMC}$.

As figuras 23 e 24 mostram a influência das concentrações de APG, GX e CMC no índice de comportamento (n) nas temperaturas de 4 e 25°C. Verifica-se que apesar de o APG ter uma influência maior sobre esse parâmetro a CMC também contribui, isso explica a proximidade do coeficiente para o pseudocomponente $X'3$ (0,36; 0,40) ao $X'1$ (0,39; 0,43) nas duas temperaturas, 4 e 25°C, respectivamente.

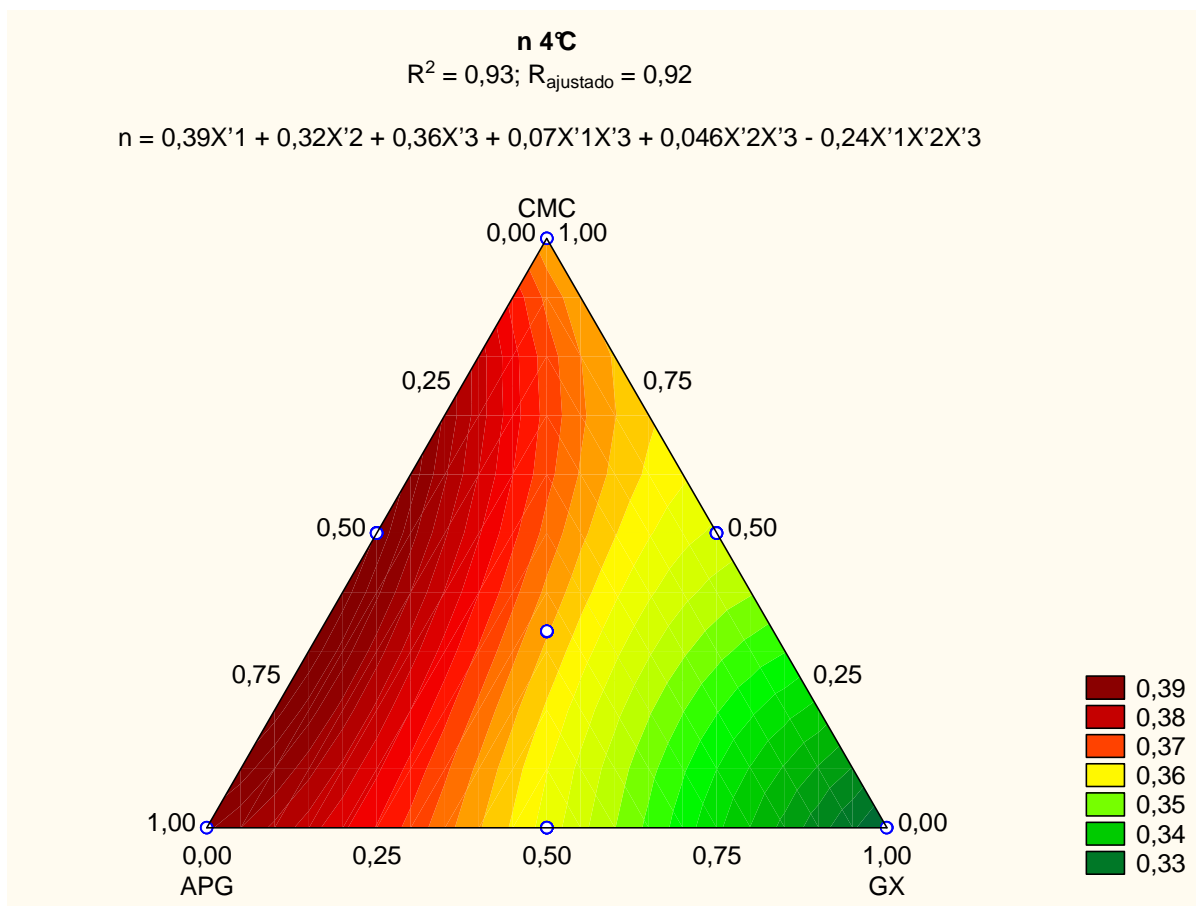


FIGURA 23: DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO ÍNDICE DE COMPORTAMENTO (n) A 4°C

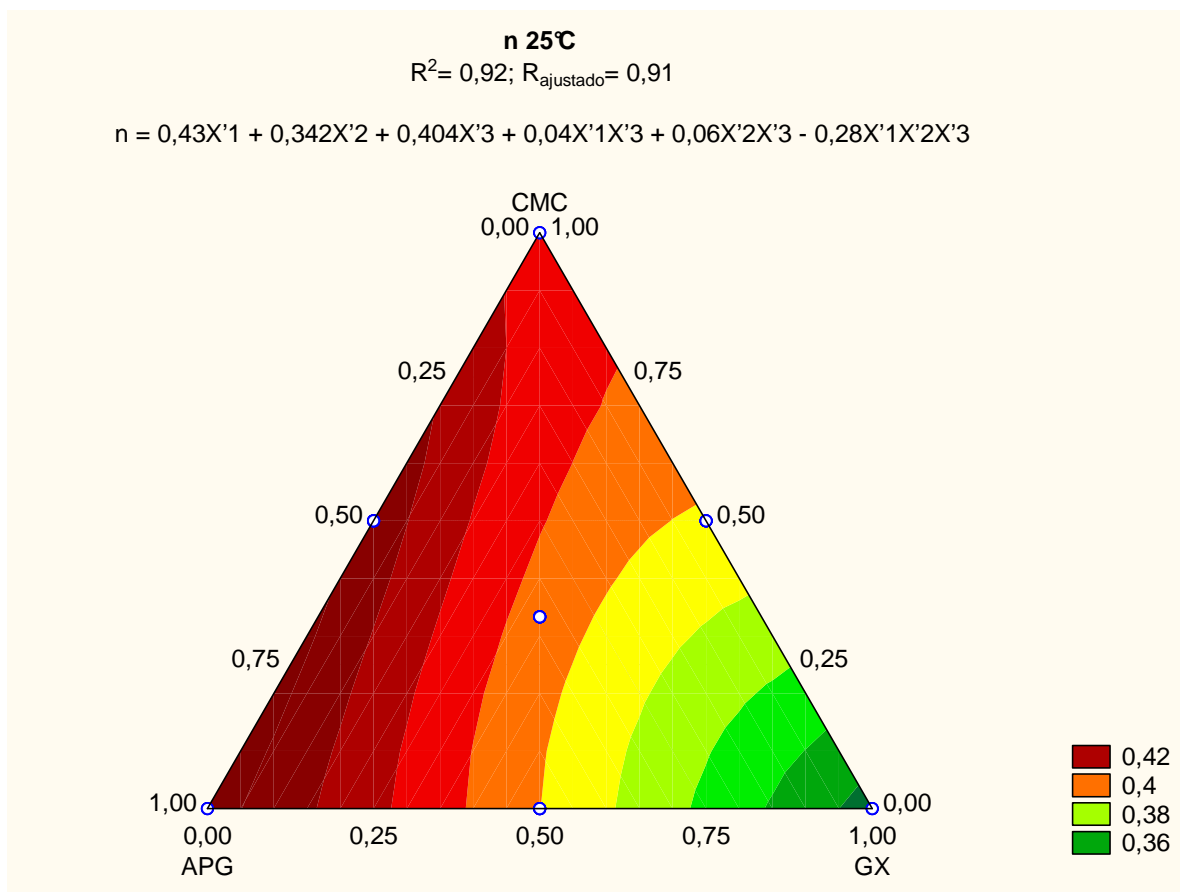


FIGURA 24: DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO ÍNDICE DE COMPORTAMENTO (n) A 25°C

De acordo com Urbanski *et al.* (1983), o coeficiente de consistência (K) da suspensão se correlaciona linearmente com os polímeros intumescidos. Numa suspensão que é totalmente formada de polímeros, as partículas intumescidas causam grandes fricções internas, de modo que aumenta o coeficiente de consistência.

Conforme as tabelas 18 e 19 na temperatura de 4°C a formulação F3 (APG 0,25%; GX 0,25%; CMC 0,50%) apresentou os maiores valores para o coeficiente de consistência ($K = 7,959 \pm 0,040$) diferindo estatisticamente das demais. A temperatura de 25°C as formulações F3 (APG 0,25%; GX 0,25%; CMC 0,50%) ($K = 5,392 \pm 0,021$) e F2 (APG 0,25%; GX 0,50%; CMC 0,25%) ($K = 5,584 \pm 0,070$) foram as que apresentaram os maiores valores, essas formulações possuem concentrações maiores de CMC e GX, respectivamente.

Sabe-se que o coeficiente de consistência (K) é uma medida de viscosidade e varia em função da viscosidade versus taxa de cisalhamento, a CMC forma um complexo CMC-proteína que produz um efeito coloidal protetor e resulta em

aumento da viscosidade. No entanto, a GX não é adsorvida e não forma ligação com as proteínas na superfície das gotas de óleo, permanecendo na fase contínua, ocasionando um aumento da pressão osmótica e também da viscosidade conforme constatado por vários autores (KELLER, 1982; RADFORD; DICKINSON, 2004; SUN, GUNASEKARAN; RICHARDS, 2007).

O aumento da temperatura ocasionou uma diminuição no coeficiente de consistência (K) isso porque de acordo com Krokida, Maroulis e Saravacos (2001), o tratamento térmico causa uma diminuição nesse parâmetro, quando se trata de fluidos não-Newtonianos, comportamento similar ao da viscosidade aparente (η_{ap}) em fluidos pseudoplásticos.

As figuras 25 e 26 mostram a importância da interação ternária $X'1X'2X'3$ (APG, GX, CMC) e dos pseudocomponentes $X'2$ (GX), $X'3$ (CMC), no aumento do coeficiente de consistência (K).

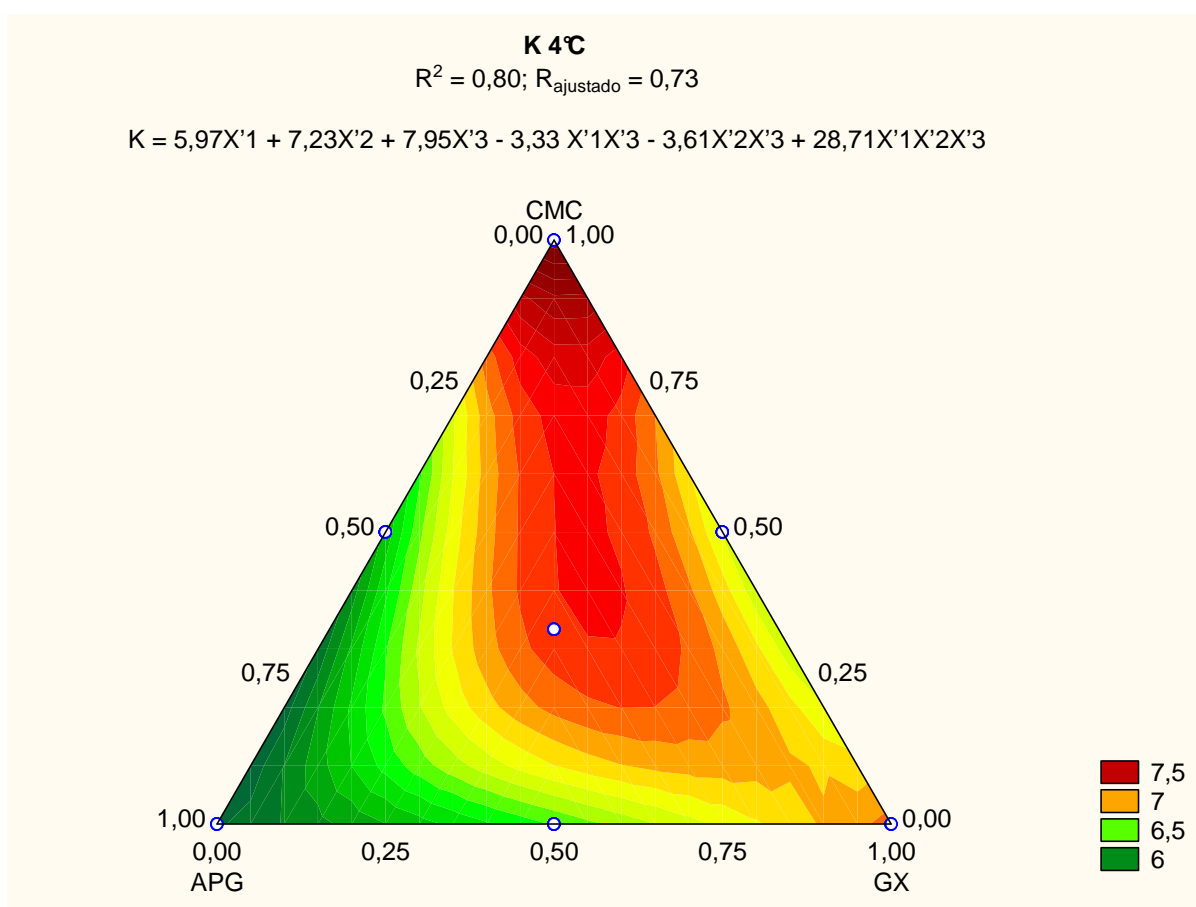


FIGURA 25: DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL RELATIVO AO COEFICIENTE DE CONSISTÊNCIA (K) A 4°C

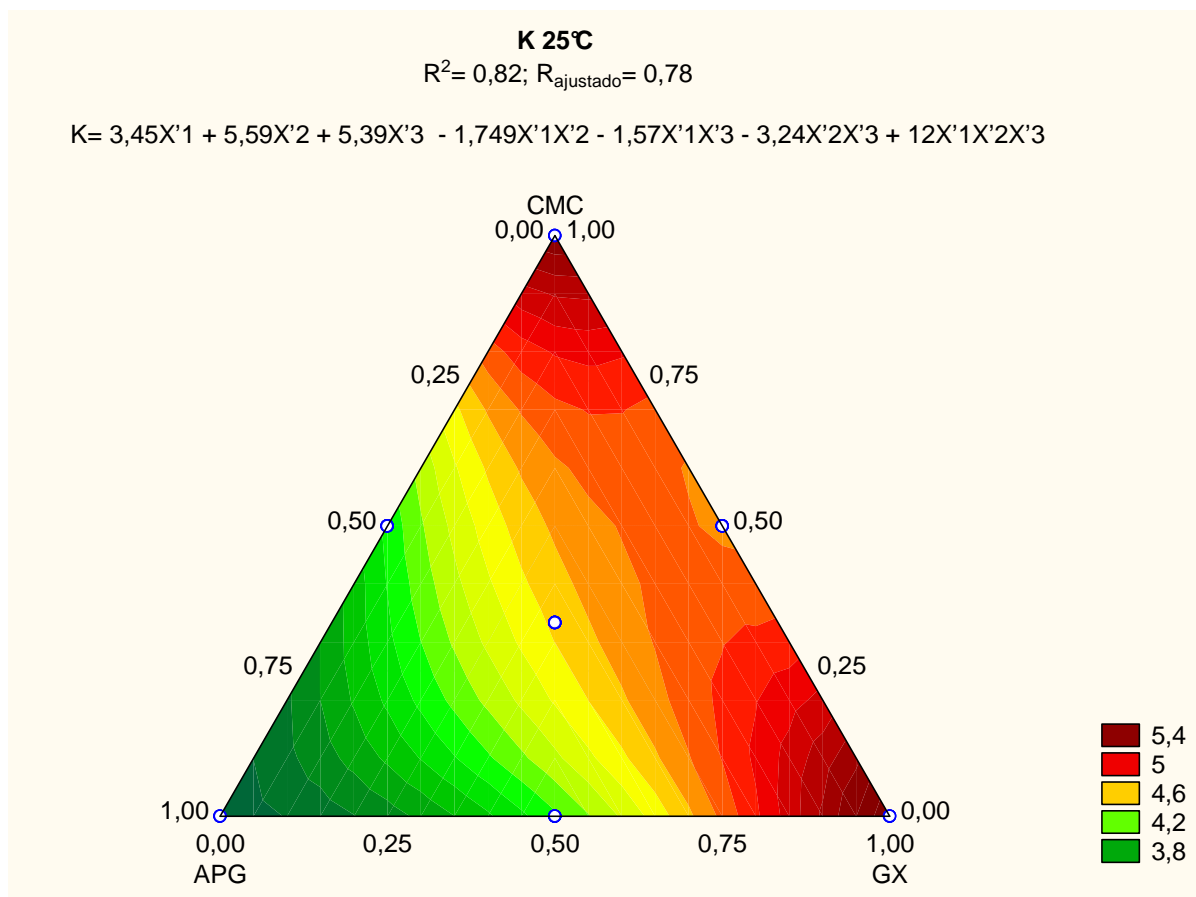


FIGURA 26: DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO RELATIVO AO COEFICIENTE DE CONSISTÊNCIA (K) A 25°C

A formulação F3 (APG 0,25%; GX 0,25%; CMC 0,50%) apresentou os maiores valores de viscosidade aparente (η_{ap}) diferindo estatisticamente das demais, como pode ser observado na tabela 22 e figuras 27 e 28. Segundo Keller (1982) quando uma goma derivada da celulose é adicionada a sistemas contendo proteínas, pode resultar numa melhora na textura e propriedades funcionais dessa, isso se deve a natureza e extensão das interações, que podem ser observadas pelo aumento da viscosidade. As interações não específicas entre CMC e proteínas globulares, como as presentes no soro de queijo Minas frescal, ocorrem devido a esse espessante, ou surfactante iônico, ocasionar uma desestabilização na conformação nativa da molécula de proteína (NYLANDER, 2005). Nas figuras 27 e 28 os valores de viscosidade aparente (η_{ap}) a taxa de cisalhamento de $100s^{-1}$ foram plotados para todas as formulações.

TABELA 22: VISCOSIDADE APARENTE PARA TODAS AS FORMULAÇÕES E REPETIÇÕES

FORMULAÇÕES (APG/GX/CMC)	Viscosidade aparente (η_{ap}) 4°C (mPa.s)	Viscosidade aparente (η_{ap}) 25°C (mPa.s)
F1 (0,50/0,25/0,25)	358,83 ± 12,01 bcdef	254,67 ± 8,81 e
F2 (0,25/0,50/0,25)	324 ± 13,53 ef	274,33 ± 3,06 bcde
F3 (0,25/0,25/0,50)	432 ± 34,01 a	353,17 ± 2,75 a
F4 (0,375/0,375/0,25)	315,67 ± 32,75 f	272,17 ± 7,82 cde
F4 ₁ (0,375/0,375/0,25)	341,83 ± 7,82 cdef	232,33 ± 8,33 f
F5 (0,375/0,25/0,375)	375,50 ± 1,80 bcd	286,17 ± 11,09 bcd
F5 ₁ (0,375/0,25/0,375)	383 ± 18,50 bc	294,33 ± 2,25 b
F6 (0,25/0,375/0,375)	365 ± 6 bcde	277,83 ± 10,28 bcd
F6 ₁ (0,25/0,375/0,375)	332,50 ± 3,97 def	270,17 ± 4,73 de
F7 (0,333/0,333/0,333)	381,83 ± 7,25 bc	291,17 ± 5,35 bc
F7 ₁ (0,333/0,333/0,333)	386,50 ± 4,77 abc	291,33 ± 3,82 bc
F7 ₂ (0,333/0,333/0,333)	393,17 ± 2,02 ab	287,67 ± 6,83 bcd

NOTA: Médias ± desvio padrão seguidas da mesma letra na mesma coluna, são significativamente iguais pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). SQR – soma do quadrado dos resíduos, R^2 – coeficiente de determinação, X^2 – Qui-quadrado.

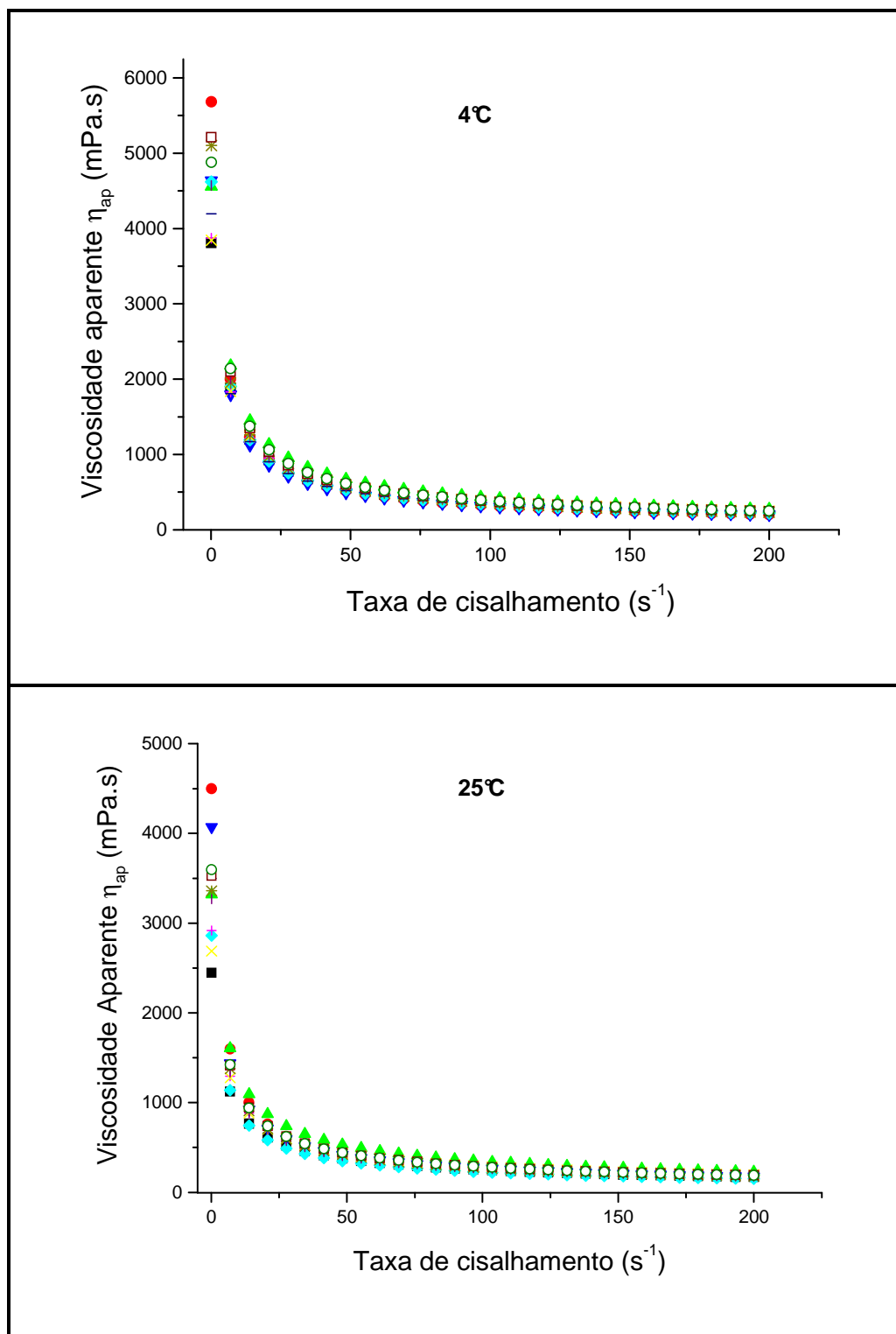


FIGURA 27: VISCOSIDADE APARENTE DAS FORMULAÇÕES A 4°C E 25°C

NOTA: ■F1 (APG 0,50%, GX 0,25%, CMC 0,25%), ●F2 (APG 0,25%, GX 0,50%, CMC 0,25%), ▲F3 (APG 0,25%, GX 0,25%, CMC 0,50%), ▼F4, ◆F4₁ (APG 0,375%, GX 0,375%, CMC 0,25%), +F5, ×F5₁(APG 0,375%, GX 0,25%, CMC 0,375%), *F6, -F6₁ (APG 0,25%, GX 0,375%, CMC 0,375%), IF7, □F7₁, ○F7₂ (APG 0,333%, GX 0,333%, CMC 0,333%), - ajuste LP.

A relação inversa entre viscosidade e taxa de deformação ou cisalhamento (FIGURA 27) em fluidos pseudoplásticos deve-se ao maior alinhamento das moléculas em direção ao fluxo formado, induzindo maior fluidez do líquido e menor atrito (NSOFOR; OSUJI, 1997). A temperatura afetou a viscosidade (FIGURA 28), ou seja, maiores temperaturas resultaram em viscosidade aparente (η_{ap}) menor para todas as formulações, concordando com os relatos de Kaya e Belibagh (2002).

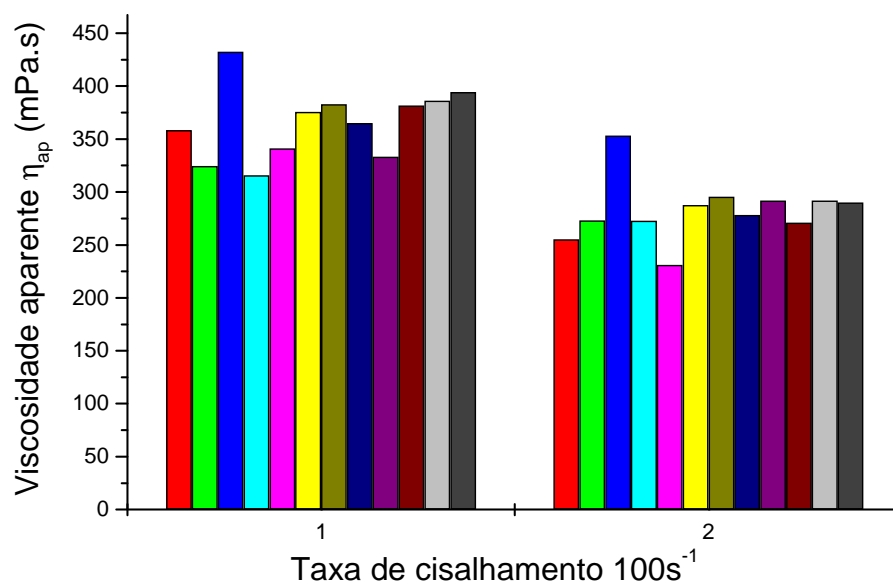


FIGURA 28: VALORES DE VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}) A TAXA DE CISALHAMENTO DE $100S^{-1}$ A $4^{\circ}C$ (1) E $25^{\circ}C$ (2)

NOTA: NOTA: ■ F1, ■ F2, ■ F3, ■ F4, ■ F4₁, ■ F5, ■ F5₁, ■ F6, ■ F6₁, ■ F7, ■ F7₁, ■ F7₂.

As figuras 29 e 30 referem-se à superfície de resposta do modelo cúbico especial a $4^{\circ}C$ e $25^{\circ}C$, mostrando a influência dos e estabilizantes APG, GX e CMC sobre a viscosidade aparente (η_{ap}), pode-se observar a importância da interação ternária interação $X'1X'2X'3$ (APG, GX, CMC) e do pseudocomponente $X'3$ (CMC) no aumento desse parâmetro.

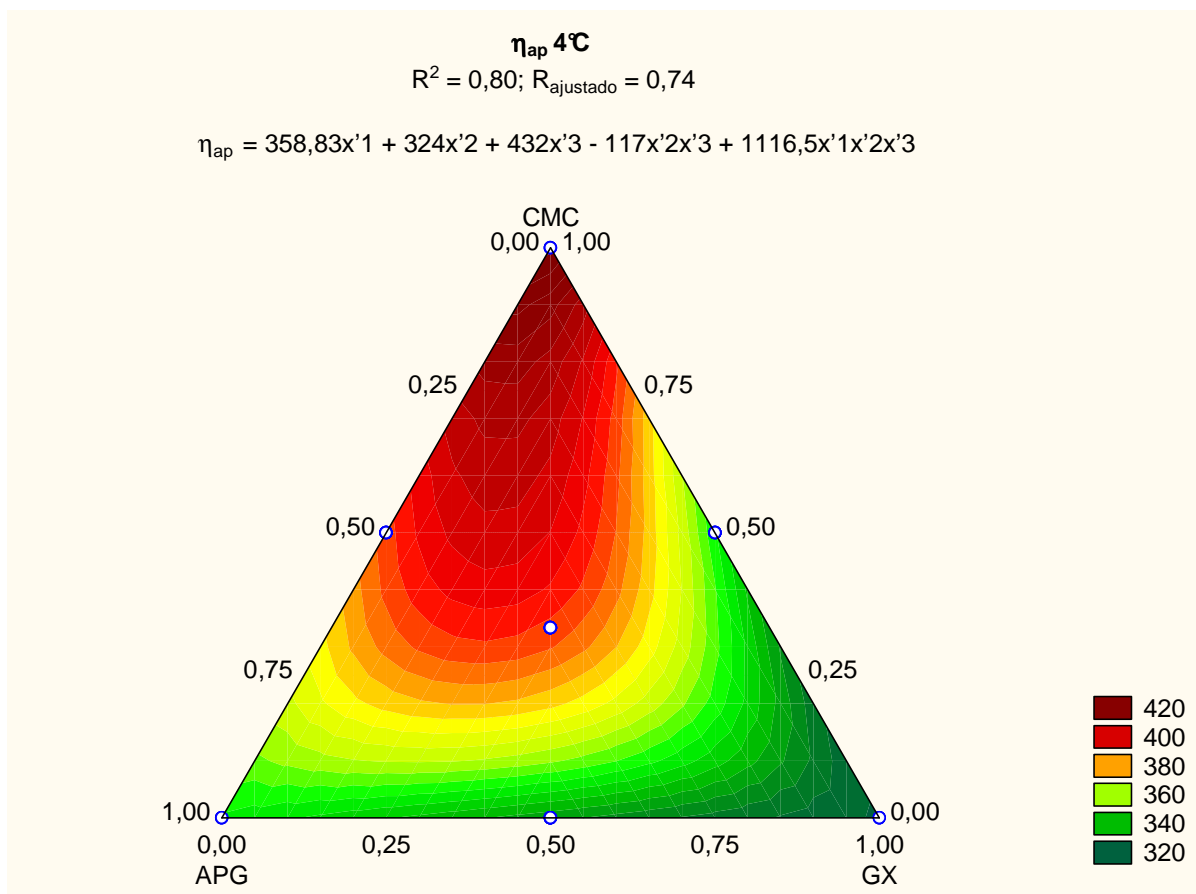


FIGURA 29: DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}) A TAXA DE CISCALHAMENTO DE $100S^{-1}$, EM TEMPERATURA DE 4°C

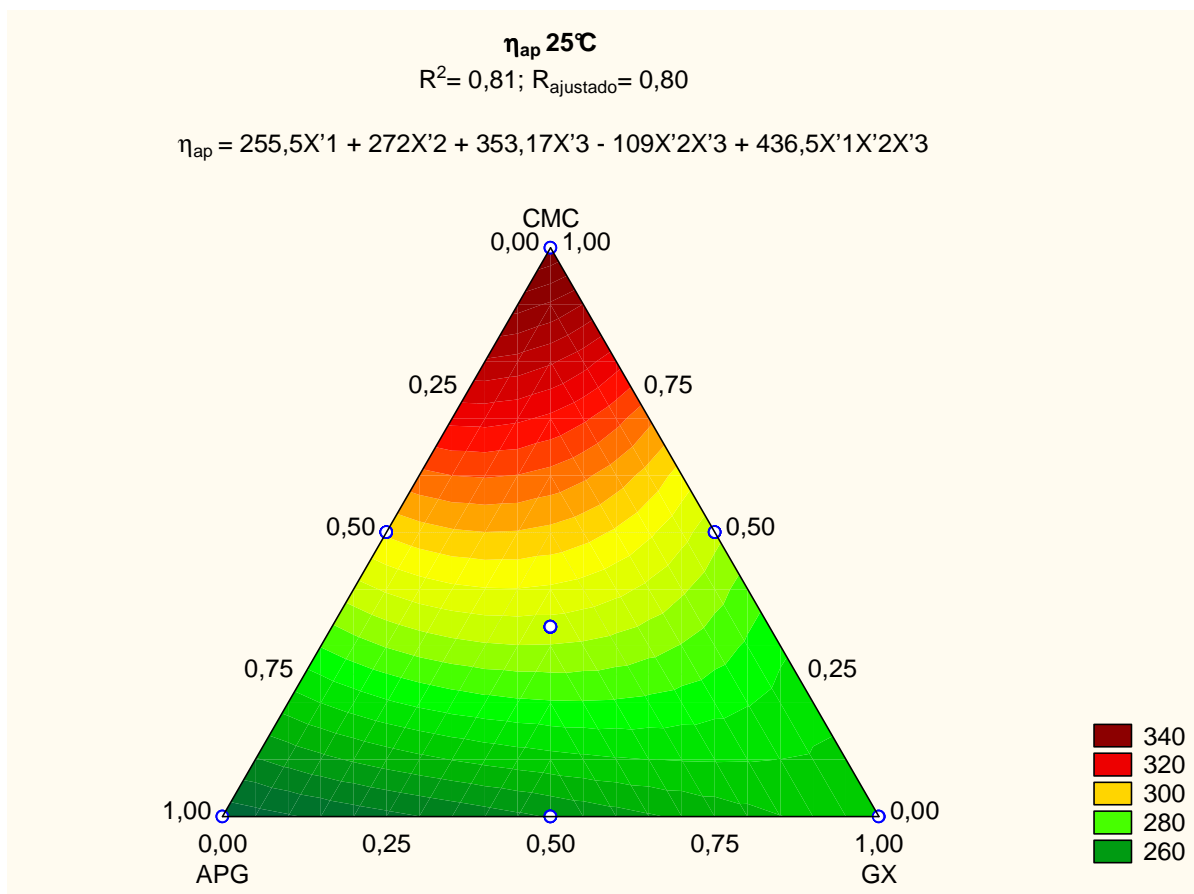


FIGURA 30: DIAGRAMA TERNÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap}) A TAXA DE CISLHAMENTO DE $100S^{-1}$, EM TEMPERATURA DE 25°C

A análise estatística do modelo cúbico especial mostrou bom ajuste dos dados, pois os valores para p são inferiores a 0,05. Não foi identificada falta de ajuste significativa, pois os valores acima de 0,05 mostram a normalidade dos dados e variância constante do erro adequada. Os dados para todos os parâmetros reológicos foram ajustados também ao modelo linear e quadrático, mas estes não indicaram ajuste adequado. Os dados estatísticos do modelo cúbico especial para as variáveis de resposta obtidas nas duas temperaturas estão na tabela 23.

TABELA 23: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO CÚBICO ESPECIAL PARA AS RESPOSTAS COEFICIENTE DE CONSISTÊNCIA (K), ÍNDICE DE COMPORTAMENTO (n) E VISCOSIDADE APARENTE (η_{ap})

PARÂMETROS	4°C					25°C					
	K	SQ	GL	QM	F	p	SQ	GL	QM	F	p
Modelo		12,01	5	2,40	19,49	0,00	11,81	6	1,97	20,86	0,00
Erro Total		3,70	30	0,12			2,74	29	0,09		
Falta de ajuste		0,44	1	0,44	3,95	0,06	0,00	0	0,00		
Erro puro		3,25	29	0,11			2,74	29	0,09		
Total ajustado		15,71	35	0,45			14,54	35	0,41		
n											
Modelo		0,01	5	0,00	80,23	0,00	0,02	5	0,01	68,42	0,00
Erro Total		0,00	30	0,00			0,00	30	0,00		
Falta de ajuste		0,00	1	0,00	0,95	0,34	0,00	1	0,00	3,17	0,08
Erro puro		0,00	29	0,00			0,00	29	0,00		
Total ajustado		0,01	35	0,00			0,02	35	0,00		
η_{ap}											
Modelo		32670,92	4	8167,73	25,09	0,00	23182,18	4	5795,54	33,72	0,00
Erro Total		10092,56	31	325,57			5327,56	31	171,86		
Falta de ajuste		1019,84	2	509,92	1,63	0,21	765,76	2	382,88	2,43	0,10
Erro puro		9072,72	29	312,85			4561,81	29	157,30		
Total ajustado		42763,48	35	1221,81			28509,74	35	814,56		

NOTA: SQ - soma dos quadrados, GL - grau de liberdade, QM - quadrado da média, $p \leq 0,05$.

4.3 ESTABILIDADE DA EMULSÃO

4.3.1 Microscopia

As formulações foram observadas nos tempos 0, 30, 60, 90 e 120 dias. Mas foram utilizadas apenas as imagens obtidas no último tempo, nos demais a visualização foi difícil mesmo utilizando uma objetiva de 200X de aumento, devido ao pequeno tamanho das gotas de óleo formadas na homogeneização (FIGURA 31).

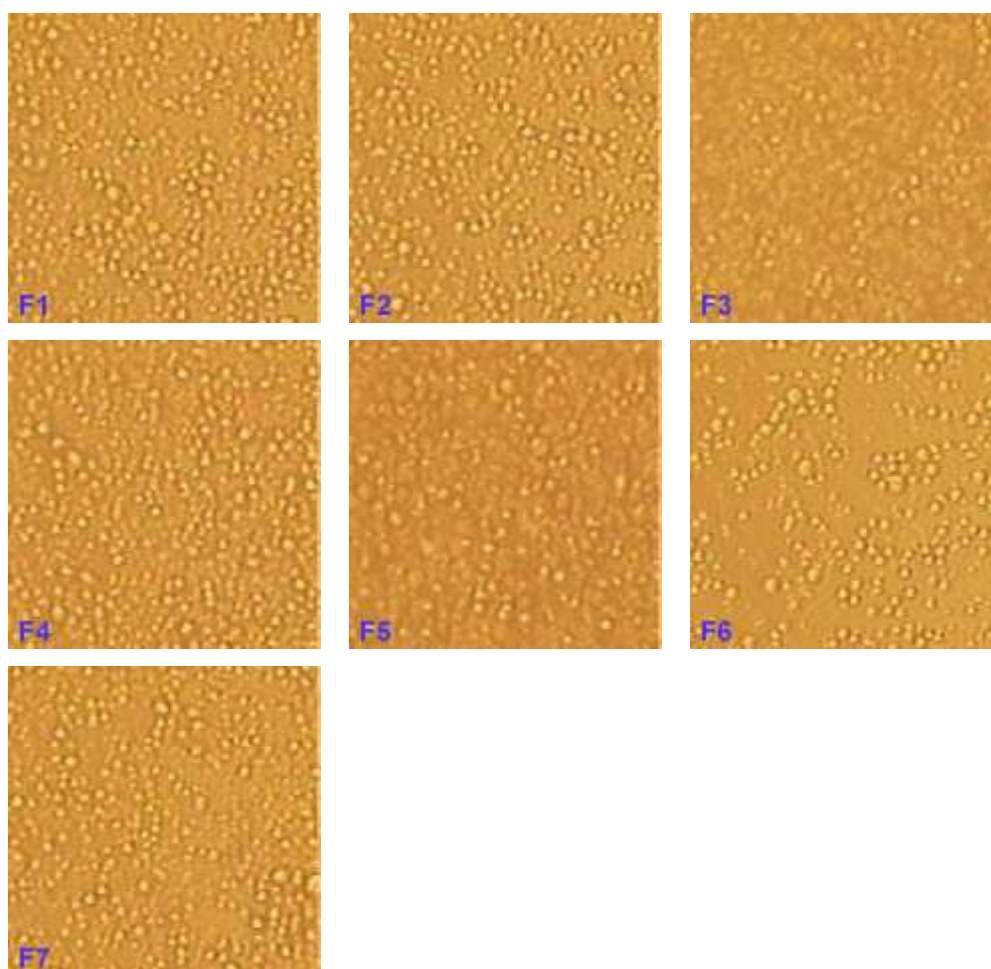


FIGURA 31 – TODAS AS FORMULAÇÕES A 120 DIAS DE ESTOCAGEM 200X DE AUMENTO

Não foi observada diferença entre as formulações, isso provavelmente porque as proteínas do soro contribuem na formação e estabilização de emulsões em alimentos por absorção na superfície das gotas de óleo, formando um filme que as protege contra coalescência. Dependendo da composição da fase contínua,

condições de processo e armazenamento, as moléculas de proteína adsorvidas podem estar envolvidas em interações com as gotas e interferirem na formação de creme ou “creaming”; e no comportamento reológico do produto (DEMETRIADES; COUPLAND; MCCLEMENTS, 1997; HUNT; DALGLEISH, 1994).

4.3.2 “Creaming”

Durante todo o período de acompanhamento as amostras das 7 formulações e suas respectivas repetições mostraram-se estáveis, não foi constatada a formação de “creaming” em nenhuma das amostras num período de 120 dias (FIGURA 32). Surh, Ward e McClements (2006), também não observaram formação de “creaming” em emulsões, estabilizadas por concentrados protéicos de soro modificados; e estocadas a temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) por período de uma semana.



FIGURA 32: ESTABILIDADE DAS EMULSÕES AO “CREAMING” NO PERÍODO DE 120 DIAS

Complexos de proteínas com polissacarídeos podem melhorar as propriedades emulsificantes, por contribuir no espessamento da camada aquosa interfacial que recobre os glóbulos de gordura. A CMC já foi utilizada antes na forma de complexos com proteínas do soro de leite a fim de melhorar a sua capacidade emulsificante (DAMIANOU; KIOSSEOGLU, 2006; ELIAS *et al.*, 2006). Vários trabalhos têm utilizado a reatividade da CMC com as caseínas e proteínas do soro isoladas, purificadas ou recuperadas (KELLER, 1982).

No presente trabalho a formulação com menor concentração de GX é de 0,25%, o que provavelmente contribuiu na estabilidade das emulsões. De acordo com Parker *et al.* (1995), adição de GX em molhos para salada com baixa

concentração de óleo ocasiona uma menor flocculação das gotas e forma uma estrutura de rede de gel fraca tridimensional que retarda o processo de formação de “creaming”. Paraskevopoulou, Boskou e Kiosseoglou (2005), avaliaram esse fenômeno em emulsões estabilizadas por GX e goma arábica e perceberam que em concentração de 0,05% até 0,7% a GX tem a capacidade de aumentar a viscosidade da fase contínua quando incorporada ao sistema, como resultado tem-se uma longa estabilidade ao “creaming”.

Esses mesmos autores quando adicionaram APG (1%) ao sistema contendo GX (0,45%) perceberam uma maior estabilidade ao fenômeno mesmo após 120 dias de estocagem das amostras a temperatura ambiente, o mesmo resultado foi alcançado no trabalho atual. Tal fato pode ser explicado devido à molécula de APG possuir uma região lipofílica e outra hidrofílica, sendo assim, pode ser adsorvida na interface O/A atuando como emulsificante enquanto, ao mesmo tempo, provêem uma textura lisa e cremosa em produtos como molhos para salada (KING, 1983).

4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A tabela 24 mostra o resultado para as análises microbiológicas das duas formulações a serem utilizadas no teste triangular. As amostras atendem aos limites exigidos pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, que determina limites para Coliformes a 45°C (máximo 50 NMP), *Salmonella sp* (Ausência em 25 gramas) e Estafilococos coagulase positiva (*Staphylococcus aureus*) (máximo 100 UFC/grama) em molhos e condimentos preparados, líquidos ou cremosos, prontos para consumo, não comercialmente estéreis.

A formulação F3 apresentou uma contagem para *Staphylococcus aureus* de 26UFC/grama, resultado este que se encontra dentro do limite recomendado por essa legislação. Tal fato deve-se provavelmente a contaminações no ambiente de manipulação das amostras durante o preparo, estocagem e apresentação. Pois é de conhecimento que esse microrganismo está presente no ar, solo e água e pode estar presente também na microbiota da pele de manipuladores.

Em geral, pode-se esperar a presença de estafilococos, mesmo que em pequenas quantidades, em quase todos os alimentos de origem animal ou naqueles

diretamente manipulados, a menos que tenham sido aplicados tratamentos térmicos para a destruição desses microrganismos (JAY, 2005).

TABELA 24: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NO TESTE TRIANGULAR

FORMULAÇÃO	Coliformes a 45°C NMP/grama	<i>Salmonella sp</i> UFC/grama	Estafilococos coagulase positiva UFC/grama
3	< 3	0	26
7	< 3	0	0

Na tabela 25 estão o resultados das amostras a serem utilizadas no teste de aceitação e de atitude de compra. As duas amostras atenderam as exigências da legislação vigente.

TABELA 25: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NO TESTE DE ACEITAÇÃO E ATITUDE DE COMPRA

FORMULAÇÃO	Coliformes a 45°C NMP/grama	<i>Salmonella sp</i> UFC/grama	Estafilococos coagulase positiva UFC/grama
461	< 3 NMP/grama	0 UFC/25gramas	0 UFC/grama
672	< 3 NMP/grama	0 UFC/25gramas	0 UFC/grama

4.5 ANÁLISE SENSORIAL

4.5.1 Teste triangular

Para definir as formulações utilizadas neste teste baseou-se primeiramente nos dados de viscosidade aparente (η_{ap}) mostrados na tabela 22 e figura 27. A formulação F3 (APG 0,25%; GX 0,25 e CMC 0,50%) apresentou maior viscosidade, como já discutido, as formulações F5 (APG 0,375%; GX 0,25% e CMC 0,375%) e F7 (APG 0,333%; GX 0,333% e CMC 0,333%) mostraram-se muito similares, como nenhuma das formulações diferiu quanto à estabilidade foi feito o cálculo do custo aparente da matéria-prima para auxiliar na decisão entre as formulações F5 e F7. Tomando como apoio os valores mostrados na tabela 26, foram escolhidas as formulações F3 e F7 para o teste triangular, uma vez que essas possuem menor custo, isso devido à concentração de APG ser menor, pois esse custa três vezes mais que GX e CMC.

TABELA 26: CUSTO APARENTE PARA A MATÉRIA-PRIMA NAS FORMULAÇÕES F3, F5 E F7, CONSIDERANDO QUE O SORO NÃO TEVE CUSTO

FORMULAÇÃO (APG/GX/CMC)	APG	GX	CMC	Demais componentes	Custo total aproximado para matéria-prima em R\$*
3 (0,25/0,25/0,50)	0,028	0,008	0,007	0,239	0,282
5(0,375/0,25/0,375)	0,042	0,008	0,010	0,239	0,299
7(0,333/0,333/0,333)	0,038	0,011	0,009	0,239	0,297

NOTA: *para 200g. APG = R\$ 56,20/KG; GX = R\$ 16,90/KG; CMC = R\$ 14,00/KG – em 04/2007.

Participaram do teste triangular 30 julgadores com três repetições cada um, portanto o número de julgamentos totais (JT) foram 90 e o número de julgamentos corretos (JC) foi 25. Consultando a tabela estatística Qui-Quadrado, ao nível de 5% de significância temos que o número crítico mínimo exigido de respostas corretas para que a diferença entre as amostra seja significativa é de 38. Portanto, pode-se afirmar que não há diferença significativa entre as amostras de molho para salada com diferentes proporções entre os emulsificantes ao nível de 5% de significância. Sendo assim, ambas as amostras poderiam ser utilizadas como formulação base para molho de salada, optou-se pela formulação F3 por apresentar maior

viscosidade e menor custo. A partir dessa etapa, utilizando a formulação F3, foram desenvolvidas duas formulações finais, as quais foram codificadas como 461, contendo 0,15% de salsa; e 672 com 0,15% de hortelã.

4.5.2 Teste de comparação pareada-preferência

As amostras de molho para salada codificadas como 461 (0,15% de salsa) e 672 (0,15% de hortelã) foram servidas aos julgadores aos quais foi solicitado assinalar a de sua preferência. A amostra 672 foi a preferida com 53,3% da preferência contra 46,67% para amostra 461, conforme pode ser observado na figura 33.

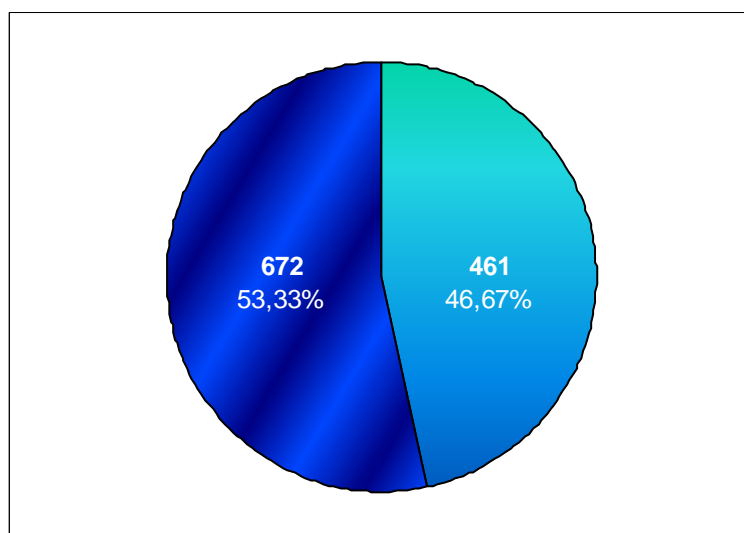


FIGURA 33: AVALIAÇÃO DOS JULGADORES NO TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA – PREFERÊNCIA DAS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM 0,15% SALSA (461) OU 0,15% HORTELÃ (672)

4.5.3 Teste de perfil dos atributos aparência, sabor e consistência

O teste de perfil dos atributos avaliou a aparência, sabor e consistência, as notas obtidas para as formulações avaliadas estão na tabela 27 e na figura 34 pode ser observada a representação gráfica das notas atribuídas. Não houve diferença

estatisticamente significativa entre as médias, segundo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), portanto para os atributos avaliados as amostras podem ser ditas como iguais.

TABELA 27: MÉDIAS DAS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ PARA OS ATRIBUTOS APARÊNCIA, SABOR E CONSISTÊNCIA

AMOSTRA	n° DE PROVADORES	ATRIBUTO		
		Aparência	Sabor	Consistência
461	30	6,80 ± 1,67 a	7,30 ± 1,29 a	7,10 ± 1,45 a
672	30	6,77 ± 1,72 a	6,97 ± 1,83 a	7,03 ± 1,45 a

NOTA: Médias ± desvio padrão seguidas da mesma letra na mesma coluna, são significativamente iguais pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Esses resultados demonstram que tanto a salsa quanto a hortelã utilizadas como aromatizantes apresentaram boa aceitação, pois todas as médias estão próximas ou acima de 7 (FIGURA 34) que corresponde ao intervalo “gostei regularmente” na escala de nove pontos utilizada para a avaliação das amostras de molho para salada.

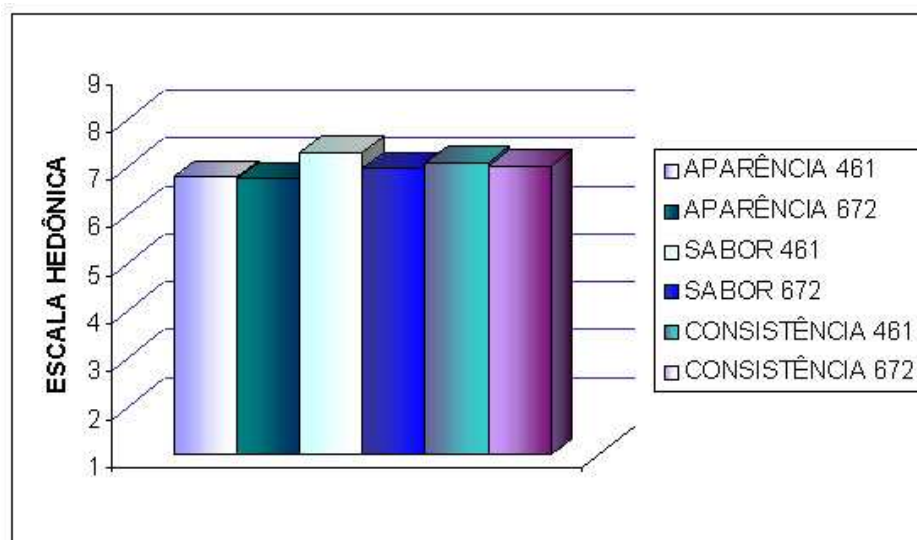


FIGURA 34: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS NOTAS ATRIBUÍDAS PARA AS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ NO TESTE PERFIL DE ATRIBUTOS

4.5.4 Teste de aceitação

No teste de aceitação o atributo “sabor” foi o preferido dos julgadores nas amostras avaliadas, conforme tabela 28, sendo para a amostra 461 com 53,33% e 672 com 56,67%. Houve uma preferência maior pelo sabor da segunda amostra.

TABELA 28: ATRIBUTOS DE MAIOR E MENOR PREFERÊNCIA DESCRITOS PELOS PROVADORES PARA CADA AMOSTRA DE MOLHO PARA SALADA COM SORO QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ

AMOSTRA	MAIS GOSTOU	MENOS GOSTOU
461 (0,15% salsa)	53,33% Sabor	23,33% Sabor
	10% Aparência	6,67% Aparência
	10% Consistência	30% Consistência
	3,33% Aroma e consistência	6,67% Cor
	3,33% Aroma	6,67% Aroma
	3,33% Sabor e aparência	3,33% Sabor e aparência
	16,68% Não descreveu	23,33% Não descreveu
672 (0,15% hortelã)	56,67% Sabor	26,67% Sabor
	6,67% Aparência	13,33% Aparência
	13,33% Consistência	30% Consistência
	3,33% Aroma e consistência	6,67% Cor
	6,67% Aroma	23,33% Não descreveu
	13,33% Não descreveu	

Para o atributo “consistência” o quesito - menos gostei - recebeu 30% das indicações dos provadores em ambas as amostras, demonstrando a necessidade de melhorar esse atributo, o qual está diretamente relacionado ao parâmetro reológico de viscosidade aparente (η_{ap}), que também obteve valores baixos para a formulação F3 (APG 0,25%; GX 0,25%; CMC 0,50%), embora essa formulação tenha obtido os maiores valores entre as demais, sendo por isso selecionada como base para as amostras utilizadas na avaliação sensorial.

4.5.5 Teste afetivo quanto à preferência e a atitude de compra do molho para salada para as formulações 461 (0,15% salsa) e 672 (0,15% hortelã)

Atitude de compra na tabela 29 mostra que 43,33% dos julgadores certamente comprariam a amostra 672, essa amostra também obteve menor rejeição à compra que a 461, com 13,33% e 20%, respectivamente, na alternativa provavelmente não compraria.

Para o teste de comparação pareada-preferência os resultados (FIGURA 32) mostram que a formulação 672 foi preferida por 53,33% dos julgadores, superando a 461 com 46,67%.

TABELA 29: PREFERÊNCIA E ATITUDE DE COMPRA PARA AS DUAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADOS COM SALSA OU HORTELÃ

ESCALA	FORMULAÇÃO	
	461 (0,15% SALSA)	672 (0,15% HORTELÃ)
Certamente compraria	23,33%	43,33%
Provavelmente compraria	46,67%	20,00%
Talvez comprasse, talvez não comprasse	10,00%	23,33%
Provavelmente não compraria	20,00%	13,34%

4.6 ANÁLISES QUÍMICAS

As duas formulações apresentaram valores idênticos para proteína (0,77%), oriunda do soro de leite, pois esse possuía valores bem próximos ($0,78 \pm 0,02$). Molhos para salada comercializados normalmente não possuem valores significativos em proteínas, mesmo quando estabilizados por concentrados protéicos de soro de leite.

Jay (2005) menciona que o pH de molhos para salada pode variar de 3,2 a 3,9; o que difere dos resultados obtidos uma vez que foram superiores, sendo 4,32 e 4,35 para as formulações 461 e 672, respectivamente. O pH abaixo de 4,5 garante a segurança desse tipo de produto, conforme O'Donnell e Stier (2004). As amostras obtiveram resultados semelhantes também para carboidratos totais (461 = 3,4 e 672

= 3,60) e gordura total (461 = 5,80 e 672 = 6,00), não diferindo estatisticamente a nível de 5% de probabilidade. Molhos para salada possuem concentrações maiores de óleo (20 – 60%) o que faz das formulações 461 (0,15% salsa) e 672 (0,15% hortelã), com 5,8 e 6,00% de óleo respectivamente, emulsões “não-clássicas” (FORD *et al.*, 2005). Os resultados das análises químicas estão na tabela 30.

TABELA 30: ANÁLISES QUÍMICAS DAS FORMULAÇÕES DE MOLHO PARA SALADA COM SORO DE QUEIJO MINAS FRESCAL AROMATIZADAS COM SALSA OU HORTELÃ

ANÁLISES	461	672
Proteínas (%)	0,77a	0,77a
pH	4,32a	4,35a
Carboidratos totais (%)	3,40a	3,60a
Gordura total (%)	5,80a	6,00a

NOTA: Médias seguidas da mesma letra na mesma linha são significativamente iguais pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tanto a formulação 461 (0,15% salsa) quanto a 672 (0,15% hortelã) apresentaram baixo valor calórico, mostrando-se similares ou mesmo com valor calórico inferior a alguns molhos para salada “Light”, comumente comercializados, como mostra a figura 35. Isso se deve provavelmente ao baixo conteúdo de óleo adicionado às emulsões.

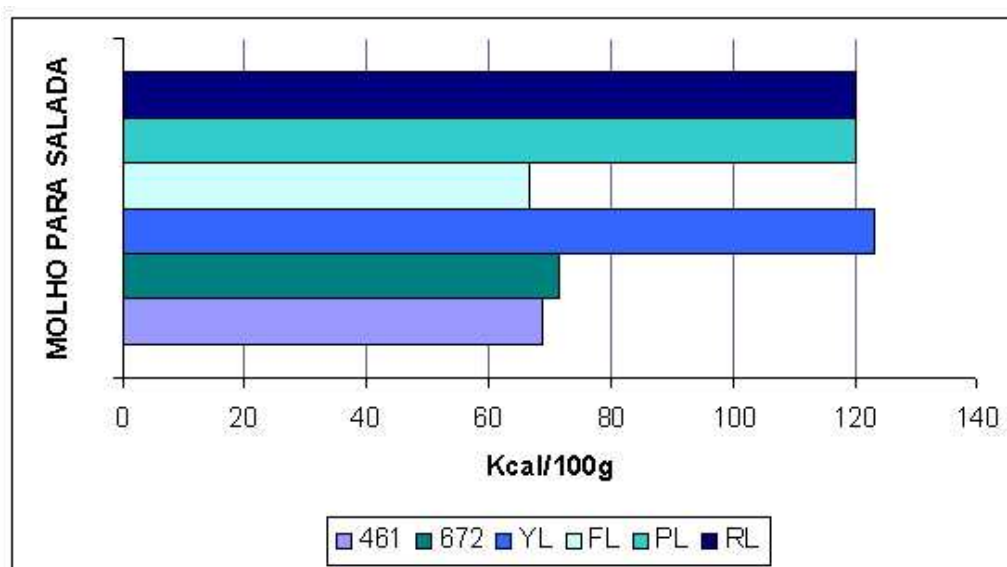


FIGURA 35: GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE O VALOR CALÓRICO DAS FORMULAÇÕES 461 E 672 COM DIFERENTES MOLHOS PARA SALADA LIGHT

NOTA: 461 = 0,15% Salsa; 672 = 0,15% Hortelã; YL= “Yogurt Light”; FL = “French Light”; PL = “Parmesan Light”; RL= “Ranch Light”.

5 CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos no presente trabalho pode ser concluído que:

- O soro de queijo Minas frescal mostrou-se bastante variável quanto aos aspectos físico-químicos o que exigiu um grande número de amostragens conforme o parâmetro analisado.
- O cloreto de sódio presente nas amostras de soro teve influência sobre os resultados obtidos pra acidez e densidade; e juntamente ao resíduo do queijo influenciou os valores de extrato seco total e resíduo mineral fixo.
- Todas as emulsões, independente da temperatura, apresentaram comportamento não-Newtoniano pseudoplástico, com o valor do índice de comportamento (n) menor que um (1). O modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) foi que melhor ajustou os dados experimentais para ambas as temperaturas.
- O índice de comportamento (n) teve pouca influência da temperatura. A formulação F1 apresentou os maiores valores a 4°C e a 25°C F5 foi estatisticamente igual a F1.
- O coeficiente de consistência (K) foi influenciado pela temperatura apresentando um decréscimo com o aumento desta, sendo maior para a formulação F3 a 4°C e a 25°C F2 e F3 foram estatisticamente iguais.
- A viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento e temperatura para todas as amostras. A formulação F3, com maior concentração de CMC, apresentou os maiores valores de viscosidade aparente (η_{ap}) nas duas temperaturas estudadas.
- A Metodologia de Superfície de Resposta revelou que APG e CMC tiveram maior influência no aumento do índice de comportamento (n); para o coeficiente de consistência (K) a interação ternária, juntamente a GX e CMC; e na viscosidade aparente (η_{ap}) a interação ternária mais a CMC.
- Todas as formulações mostraram-se estáveis num período de 120 dias e não foi observado formação de “creaming”.
- A formulação de menor custo para matéria-prima foi F3.
- Não foi detectada diferença de sabor entre as formulações F3 e F7.

- A melhor formulação conforme os dados reológicos de viscosidade aparente (η_{ap}) e custo da matéria-prima foi a F3, revelando que a proporção ideal entre os estabilizantes APG, GX e CMC foi de 25; 25 e 50%, respectivamente, ou seja, $\frac{1}{2} / \frac{1}{2} / 1$.
- As formulações finais (F3) 461 (0,15% salsa) e (F3) 672 (0,15% hortelã) foram aceitas conforme análise sensorial e apresentaram baixo valor calórico.

Analisando os resultados, de modo geral, é viável a utilização do soro de queijo Minas frescal em emulsão O/A, quando estabilizada por combinações ternárias de APG, GX e CMC, sendo a formulação F3 (APG 0,25%, GX 0,25%, CMC 0,50%) a que apresentou melhor resultado.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Analisar as combinações ternárias dos estabilizantes em soluções com água destilada e deionizada a fim de evitar possíveis interferências de outros componentes.
- Avaliar a vida de prateleira das formulações.
- Quantificar e determinar o tamanho das gotas de óleo nas emulsões.
- Avaliar a influência do cloreto de sódio e pH na estabilidade das emulsões.

REFERÊNCIAS

ABIQ - Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. **Revista Indústria de Laticínios**, ano 9, n.55, 2005.

ABNT - Análise sensorial dos alimentos e bebidas. Terminologia: **NBR 12806**. Rio de Janeiro, 1993, p. 8.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12995**: Teste triangular em análise sensorial de alimentos e bebidas - procedimento. Rio de Janeiro, 1993, 5p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13088**: Teste de comparação pareada em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1994, p. 7.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14141**: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998, p. 3.

AKHTAR, M.; MURRAY, B. S; DICKINSON, E. Perception of creaminess of model oil-in-water dairy emulsions: Influence of the shear-thinning nature of a viscosity-controlling hydrocolloid. **Food Hydrocolloids**, n. 20, 2006, p. 839–847.

ANDREWS, A. T.; ALICHANIDIS, E. Proteolysis of caseins and the proteose-peptone fraction of bovine milk. **Journal of Dairy Research**, n. 50, 1983, p. 275-290.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de Proteínas de Soro de Leite Bovino**. Barueri (São Paulo). Editora Manole, 2003.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Food Composition, Additives, Natural Contaminants. 17 ed. v. 2. Horwitz, W. (Ed). Washington: AOAC; 2000.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2004.

BARNES, H. A. The yield stress – a review. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics**, v. 81, n. 1-2, 1999, p. 133-178.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. E.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 1996.

BARROS, P. O. G. *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica do queijo Minas frescal comercializado no município do Rio de Janeiro, RJ. **Higiene Alimentar**. São Paulo, v.18, n.122, 2004, p.57-66.

BECHER, PAUL, **Emulsiones Teoria Y Prática**, Editorial Blume, Madris, 1972.

BIOTEC. INFORMATIVO CHR HANSEN. **HA-LA Biotec**, v. 9, n. 54, 1999.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de Transporte**. 2. ed. Parte I - Transporte de Momento. Rio de Janeiro: LTC, 2004, p. 11-254.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992.

BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 1982, p. 325.

BRADFORD, M. M. **Analytical Biochemistry**, 1976, p. 248.

BRAGA NETO, J. A. Desenvolvimento de produto alimentar assistido por computador: uma sistematização interativa pela aplicação combinada de métodos para planejamento, modelagem, análise e otimização na formulação de pudim. Departamento de tecnologia de alimentos e medicamentos, Universidade Estadual de Londrina. 1998. **Tese de doutorado**.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Portaria n. 146, 03/1996. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1996.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – R.I.I.S.P.O.A.** Aprovado pelo decreto n. 30691 de 03/1952, alterado pelo Decreto 1255 de 06/1962. Alterado pelo Decreto 2244 de 06/1997. Brasília-DF. 1997a.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o “Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Minas frescal”. Portaria n. 352, 09/1997. Alterada pela Instrução Normativa n. 4 de 03/2004. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1997b.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o "Regulamento Técnico sobre Aditivos utilizados segundo as Boas Práticas de Fabricação e suas Funções". Resolução n. 386, 08/1999. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1999a.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o “Regulamento técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 13 - molhos e condimentos”.

Resolução n. 382, 08/1999. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1999b.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o “Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos”. Resolução RDC n. 12, 01/2001.

Diário Oficial da União, seção 1. Brasília-DF, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos.

Instrução Normativa N. 68, 12/2006. **Diário Oficial da União**, seção 1, p. 8. Brasília - DF, 2006.

BRINNEH, C. Mixing it Up. **Prepared Foods**, v.175, n. 3, 2006, p. 99-101.

BRODY, E. P. Biological activities of bovine glycomacropeptide. **British Journal of Nutrition**, v. 84, 2000, p. 39-46.

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES. **More Solutions to Sticky Problems**, 1994.

CAPITANI, C. D. *et al.* Milk whey protein recuperation by coacervation with polysaccharide. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n.11, 2005, p.1123-1128.

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA JR, M. M. de. Sensory profile and acceptability of cultivars of beans (*Phaseolus vulgaris L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.1, 2005, p.18-24.

CARVALHO, M. P.; ALVIM, R. S.; MARTINS, M. C. Considerações sobre a inserção do Brasil no mercado mundial de lácteos. In: **A inserção do Brasil no mercado internacional de lácteos**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005.

CARVALHO, M. P. Soro de leite uma oportunidade desperdiçada. In: **A cadeia produtiva do leite em 40 capítulos**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. 2005.

CASTRO, M. C. D.; NEVES, B. S. Análise da evolução recente e perspectivas da indústria laticinista no Brasil. In: **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001.

CASTRO, A. G. **A química e a reologia no processamento de alimentos**. Ciência e Técnica, 2002, p. 37-61.

CEBALLOS, B. S. O.; KÖNIG, A.; LIMA, L. M. M. Comportamento das águas residuárias brutas e tratadas, poluentes de uma indústria, durante um dia de trabalho. In: XXVII **Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. (AIDIS), Porto Alegre, 2000.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 11, 1995, p. 2563-2583.

CODEX ALIMENTARIUS. **Informe de la segunda reunion del comite del codex sobre la leche y los productos lácteos**, Roma, Itália: 27 – 31 de Maio, 1996.

CHARLEY, H. **Food Science**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.

COIA, K. A.; STAUFFER, K. R. Shelf life study of oil/water emulsions using various commercial hydrocolloids. **Journal of Food Science**, v. 52, 1987, p. 166-172.

CORNELL, J. A. Discussion. **Technometrics**. Washington, v. 26, n.2, 1984, p.119-122.

CORNELL, J. A. **Experiments with mixture-designs, models and the analysis of mixture data**. 3. ed. New York: Jwiley. 2002.

CUNHA, C. R. et al. Efeito do fator de concentração do retentado - o rendimento de queijo Minas frescal de baixo teor de gordura fabricado por ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 22, n.1, 2002, p. 76-81.

DAIRY MANAGEMENT.

Disponível em: www.innovatewithdairy.com. Acesso em: 18/02/2007.

DAS, K. P.; KINSELLA, J. E. Stability of food emulsions: physicochemical role of protein and nonprotein emulsifiers. **Advances in food and nutrition research**, 1990, p. 34 -81.

DAMIANOU, K.; KIOSSEOGLOU, V. Stability of emulsions containing a whey protein concentrate obtained from milk serum through carboxymethylcellulose complexation **Food Hydrocolloids**, v. 20, 2006, p. 793–799.

DEMETRIADES, K.; COUPLAND, J. N.; MCCLEMENTS, D. J. Physical properties of whey stabilized emulsions as related to pH and NaCl. **Journal of Food Science**, v. 62, 1997, p. 342–347.

DICKIE, A. M.; KOKINI, J. L. Use of the Bird-Leider equation in food rheology. **Journal of Food Process Engineering**, v. 5; 1982, p. 157-184.

DICKINSON, E.; STAINSBY, G. **Colloids in foods**. London: Elsevier Applied Science, 1982.

DICKINSON, E.; STAINSBY, G. **An Introduction to Food Colloids**. Oxford: University Press, 1992.

DICKINSON, E.; MCCLEMENTS, D. J. **Advances in food colloids**. Glasgow: Blackie. 1995.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, v. 17, n. 1, 2003, p. 25–39.

DUTCOSKI, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996.

ELIAS, F. O. *et al.* Propriedades emulsificantes de complexos de proteínas de soro de leite com polissacarídeos. **Brazilian Journal of Food Technology**. III JIPCA, 2006, p. 75-80.

EVANS, E. W. Interactions of milk components in food systems. In: **Interactions of food components**. Birch, G. G.; Lindley, M. G (Ed). London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986, p. 241 – 275.

FERREIRA, V. L. P. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. São Paulo: Profíqua. 1999.

FORD, L. D. *et al.* Dressings and Sauces. In: **Food emulsions**. 4. ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 2005, p. 525 – 572.

FURTADO, M. M. Queijo Minas: breve histórico e atual situação. **Boletim do Leite**, n. 662, 1983, p. 14-22.

FURTADO, M. M.; NETO, J. P. M. L. **Tecnologia de queijos**: manual técnico para produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar, 1994.

GLICKSMAN, M. Functional properties of hydrocolloids. In: **Food Hydrocolloids**. Glicksman, M. (Ed). Boca Raton: CRC Press Inc. v. 1, 1982, p. 47-98.

GOFF, D. Dairy Science and Technology Education. University of Guelph, Canada. Disponível em: www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/home.html. Acesso em: 29/07/2006.

GOULD, W.A. **Tomato production: processing & technology**. 3.ed. CTI publications, 1992.

GRAF, E.; SAGUY, I. **Food product development** – From concept to the marketplace, New York, AVI, 1991, 441p.

GUEDES, J.M. Estados Unidos querem aumentar exportação de derivados de leite para o Brasil. **Revista Engenharia de Alimentos**. RPA Editorial LTDA, ano 4, n.20, 1998, p. 7-10.

GUIMARÃES, P. **Valor nutritivo do leite**. Disponível em: www.cienciadoleite.com.br/valornutritivo.htm. Acesso em: 11/07/2006.

GROVE, R. **Notes On Making Cola**. Disponível em : <http://sparror.cubecinema.com/cube/cola/chemistry/cola.pdf>. Acesso em: 12/04/2007.

HARVARD UNIVERSITY

Disponível em: www.deas.harvard.edu/projects/weitzlab/kostaweb/research.html
Acesso: 18/01/2007.

HIRATA, R.; SOUZA, W.J.; PESSOA, L. Carboximetilcelulose na indústria alimentícia uma abordagem técnica. In: **Anais do simpósio sobre hidrocolóides**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 1993.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v.2, n.4, 1971, p. 393-418.

HUNT, J. A.; DALGLEISH, D. G. Effect of pH on the stability and surface composition of emulsions made with whey protein isolate. **Journal of Food Science**, v. 42, 1994, p. 2131–2135.

IBARZ, A.; CÁNOVAS, G. V. B. **Food preservation technology series**: Unit operations in food engineering. Ed: CRC Press Inc, v. 2, 2002, p. 89 – 139.

IBGE – Pesquisa da Pecuária Municipal. Elaboração: R. Zoccal - Embrapa Gado de Leite. Disponível em: www.cnpqgl.embrapa.br/producao/07consumo/tabela07.06.php
Acesso em: 29/07/2006.

IFT Sensory Evaluation Division. **Journal of Food Science**, v. 60, n.1, 1995, p. 210-211.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: IAL, 2005.

IUPAC - INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY - **Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units**. Appendix II - Definitions, Terminology and Symbols in Colloid and Surface Chemistry, 2001, p. 66.

JANSSON, E.; KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the extracellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, v. 45, 1975, p. 275-282.

JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. Porto Alegre: ARTMED. 6. ed, 2005.

KAYA, A.; BELIBAGH, K. B. Rheology of solid gaziantep pekmez. **Journal of Food Engineering**, v. 54, 2002, p. 221-226.

KELLER, J. D. Sodium carboxymethylcellulose (CMC). In: **Food Hydrocolloids**. Glicksman, M. (Ed). Boca Raton: CRC Press Inc. v. 3, 1982, p. 43-109.

KIM, H.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. Preparation of multiple emulsions based on thermodynamic incompatibility of heat-denatured whey protein and pectin solutions. **Food Hydrocolloids**, v. 20, 2005, p. 586–595.

KING, A. H. Brown seaweed extracts (alginates). In: **Food Hydrocolloids**. Glicksman, M. (Ed). Boca Raton: CRC Press Inc. v. 2, 1983, p.115-197.

KÖEHLER, H. S. **Estatística Experimental**. Curitiba: UFPR, 1999.

KORHONEN, H.; MARNILA, P.; GILL, H. S. Milk immunoglobulins and complement factors. **British Journal of Nutrition**, v.84, 2000, p. 75-80.

KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G.D. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: compilation of literature data. **International Journal of Food Properties**, v.4, 2001, p. 179–200.

KUSSENDRAGER, K. D.; VAN HOOIJDONK, A. C. M. Lactoperoxidase: physico-chemical properties, occurrence, mechanism of action and applications. **British Journal of Nutrition**, v. 84, 2000, p. 19-25.

LANARA - LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL. **Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e Seus Ingredientes. Métodos Físicos e Químicos**. v. 2, Ministério da Agricultura, 1981, p. 3-4.

LAPASIN, R.; PRICL, S. **Rheology of industrial polysaccharides** – theory and applications. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999.

LAWSON, G. B. **Coalescence Processes** – Chemical and Process Engineering, 1967, p. 45-60.

LAWSON, M. A. Milk proteins as food ingredients. **Food Technology**, v. 48, n.10, 1994, p. 101.

LEWIS, M. J. **Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado**. Zaragoza: Acribia, 1993.

LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes.** Dissertação de mestrado. 89p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LOURENÇO NETO, J. P. M. Minas frescal: uso de culturas lácticas como alternativa de melhoria de qualidade. **Revista Indústria de Laticínios**. n. 22, 1999, p. 76-79.

MACHADO, J. C. V. **Reologia e Escoamento de Fluidos – Ênfase na Indústria de Petróleo.** Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MAIJALA, K. Cow milk and human development and well-being. **Livestock Production Science**, v.65, 2000, p.1-18.

MASKAN, M.; GOGUS, F. Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil-water emulsion. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p. 173-177, 2000.

MCCLEMENTS, J. **Food biopolimers and colloids research laboratory.** University of Massachusetts Amherst.
Disponível em: <http://www.people.umass.edu/mcclemen/581Rheology.html>
Acessado em: 15/12/2006.

MCCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: Principles, practice and techniques.** Boca Raton, FL: CRC Press Inc, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques.** Boca Raton. CRC Press Inc, 1991.

MEHINAGIC, E. *et al.* Relationship between sensory analysis, penetrometry and visible NIR spectroscopy of apples belonging to different cultivars. **Food Quality and Preference**, v. 14, 2003, p. 473-84.

MELIK, D. H.; FOGLER, S. Fundamentals of colloidal stability in quiescent media. In: **Encyclopedia of Emulsion Technology.** London: Paul Becher, v. 1, 1988, p. 3-78.

MELLO, E. M. **Obtenção e caracterização de concentrado protéico de queijo, por ultrafiltração.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

MOE, S. T. *et al.* Alginates. In: **Food Polysaccharides and their applications.** Stephen, A. M. (Ed). New York: Marcel Dekker Inc. 1995, p. 245-286.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. CALADO, V. (Trad.), 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003, 461p.

MOTT, L. R. **Mecánica de fluidos aplicada**. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S. A. 1996.

MULLER, H. G. **Introducción a la reología de los alimentos**. González, J. B. (Trad.) Zaragoza: Acribia, 1978, 174 p.

MULTON, J. L. **Aditivos y auxiliares de fabricación em las industrias agroalimentarias**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000.

MULVIHILL, D. M.; DONOVAN, M. Whey proteins and their thermal denaturation – a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v. 11, 1987, p. 43-75.

NELSON, N. A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, 1944, p. 375-80.

NGUYEN, Q.D.; JENSEN, C.T.B.; KRISTENSEN, P.G. Experimental and modelling studies of the flow properties of maize starch pastes. **Chemical Engineering Journal**, v. 70, 1998, p.165-171.

NSOFOR, L. M.; OSUJI, C. M. Stability, rheology and chemical properties of soymilk concentrates developed from sprouted soybeans. **Journal of Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, 1997, p. 33-40

NYLANDER, T. Interactions between proteins and polar lipids. In: **Food emulsions**. 4. ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 2005, p. 107-173.

O'DONNELL, C. D.; STIER, R. Safe, Satisfying and Stabilized Dressings and Sauces. **Prepared Foods**, v. 173, n.10, 2004, p. 43-50.

OLIVEIRA, J. S. Fabricação dos principais queijos. In: **Queijo: fundamentos tecnológicos**. São Paulo: Ícone, v. 6, 1986, p. 105-145.

ORCHARD, R. L. Wastes and effluent requirements of the dairy industry. **American Dairy Review**, v. 45, n. 5, 1972, p. 45-57.

PACHECO, M. T. B. *et al.* Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados protéicos de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, 2005, p. 333-338.

PARASKEVOPOULOU, A. *et al.* Influence of polysaccharide addition on stability of a cheese whey kefir-milk mixture. **Food Hydrocolloids**, v. 17, n. 5, 2003, p. 615–620.

PARASKEVOPOULOU, A.; BOSKOU, D.; KIOSSEOGLOU, V. Stabilization of olive oil – lemon juice emulsion with polysaccharides. **Food Chemistry**, v. 90, 2005, p. 627-634.

PASQUEL, A. Gomas: utilização e aspectos reológicos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. v. 33, 1999, p. 86-97.

PETTITT, D. J. *et al.* Rheological properties of solutions and emulsions stabilized with xanthan gum and propylene glycol alginate. **Journal of food science**, v. 60, n. 3, 1995, p. 528-531.

PARKER, A. *et al.* How does xanthan stabilise salad dressing? **Food Hydrocolloids**, v. 9, 1995, p. 333–342.

PORTO, L. M.; SANTOS, R. C.; MIRANDA, T. L. S. Determinação das melhores condições operacionais do processo de produção da ricota. **Boletim CEPPA**, v. 23, n. 1, 2005, p. 173-182.

PANDE, S. V.; MURTHY, M. S. R. *Analytical Biochemistry*. 1994, p. 220-424.

PRADELLA, J. G. C. **Biopolímeros e Intermediários Químicos**. Relatório Técnico, n. 84. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos - Laboratório de Biotecnologia Industrial - LBI/CTPP, 2006, p. 396-205.

PRATES, J. A. M; MATEUS, C. M. R. Componentes com actividade fisiológica dos alimentos de origem animal. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 97, n. 541, 2002, p. 3-12.

PROFIQUA (Associação Brasileira dos Profissionais da Qualidade de Alimentos). **Análise sensorial, testes descritivos e afetivos**. 1. ed. Campinas, 2002.

PRUDENCIO, E. S.; BENEDET, H. D. Aproveitamento do soro de queijo na obtenção do extrato hidrossolúvel de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, 1999.

RADFORD, S. J.; DICKINSON, E. Depletion flocculation of caseinate-stabilised emulsions: What is the optimum size of the non-adsorbed protein nano-particles? **Colloids and Surfaces A - Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 238, 2004, p. 71-81.

RAO, M. A. Rheology of liquid foods – a review. **Journal Texture Studies**, v.8, 1977, p. 135-168.

RAO, M. A.; RIZVI, S. S. **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, Inc. 1986, 398p.

RAO, M.A. Viscoelastic properties of mayonnaises and salad dressings. In: **Viscoelastic Properties of Foods**. Rao, M. A.; Steffe, J. F. (Ed). London: Elsevier Applied Science. 1992, p. 355–370.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. New York: Aspen Publishers, 1999.

RISCARDO, M. A.; FRANCO, J. M.; GALLEGOS, C. Influence of Composition of Emulsifier Blends on the Rheological Properties of Salad Dressing-type Emulsions. **Food Science and Technology International**, v. 9, n.1, 2003, p. 53-63.

RIVAS, H.J.; SHERMAN, P. Soy and meat proteins as food emulsion stabilisers. 1. Viscoelastic properties of corn-oil-in water emulsions incorporating soy or meat proteins. **Journal of Texture Studies**, v. 14, 1982, p. 251–265.

RODRIGUES, R. S.; GOZZO, A. M.; MORETTI, R.H. Comportamento reológico de extratos de grãos, farinha integral e isolado protéico de soja. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, 2003, p. 367-378.

ROLLAND, J. Sub-produtos lácteos. In: **Ciência y tecnologia de la leche**. Amiot, J (Ed). Zaragoza: Acribia. 1991, p. 371-393.

SABONI, G.J.; PARK, Y. K. Aplicação de carboidratos em alimentos. In: **Anais do simpósio sobre hidrocolóides**, Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 1993.

SABOYA, L. V. Physico-chemical effects of addition reconstituted milk in "Minas frescal" cheese making. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, 1998.

SALAGER, J. L. **Emulsiones** – propiedades y formulacion. Laboratorio de fenomenos interfaciales y recuperacion del petróleo. Universidad de Los Andes. Merida – Venezuela. 1993. 32p

Disponível em:

<http://depa.pquim.unam.mx/fqangeles/fisicoquimica/Articulos/Unidad%202/FIRP231Emulsiones%20propiedades%20y%20formulacion.PDF>. Acesso em: 16/01/2007.

SANDERSON, G. R. Polysaccharides in foods. **Food Technology**. v. 35, n. 7, 1981, p. 50.

SANTOS, A. L. **Comportamento de *Staphylococcus aureus* em queijos Minas frescal fabricado com leite cru**. 54p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SARAVACOS, D. G.; MAROULIS, Z. B. **Transport properties of food**. New York: Marcel Dekker, Inc. 2001, p. 63-105.

SCHRAMM, L. Petroleum Emulsions. In: **Emulsions** – Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry. Washington: American Chemical Society, 1992, p.1-49.

SCHARAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2. edição, Karlsruhe, Alemanha, 2000.

SCI -TEC

Disponível em: www.sci-tec-inc.com/TurMaAp.html. Acesso em: 18/01/2007.

SELECTUS – Informativo eletrônico. 2006.

Disponível em:

www.terraviva.com.br/PHPNovo/EstatisticaPopUp.php?v_CO_ESTADISTICA=51
Acesso em: 18/02/2007.

SERPA, L. **Concentração de proteínas de soro de queijo por evaporação a vácuo e ultrafiltração**. 116p. Dissertação de mestrado. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, 2005.

Setor1.com

Disponível em: www.setor1.com.br/analises/reologia/cla_ssi.htm. Acesso em: 30/07/2007.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo: Varela, 1996, 517p.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n. 4, 2004.

SGS DO BRASIL LTDA.

Disponível em: www.br.sgs.com. Acesso em: 20/07/2007.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley-Interscience, 2000, 348p.

SHAW, J. D. **Introdução à química dos colóides e das superfícies**. Maar, J. H. (Ed). São Paulo, 1975.

SIMÃO, A. M. Aditivos para alimentos sob o aspecto toxicológico. São Paulo: Nobel, 1985.

SISO, M. I. G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, v. 57, 1996, p.1-11.

SMITHERS, G. W. *et al.* New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, v. 79, 1996, p. 1454-1459.

SOMOGY, M. A. New Reagent for Determination of Sugars. **A new Sugar Reagent**. 1945, p. 61-68.

SOUCI, S. W.; FACHMAN, H.; KRAUT, E. *Foods Composition and Nutrition Tables*. **Medpharm Scientific Publishers**. 6. ed, 2000.

SOUZA, J. R. M.; BEZERRA, J. R. M. V.; BEZERRA, A. K. N. A. Utilização de soro de queijo na elaboração de pães. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 7, n. 1, 2005.

SPREER, E. **Lactologia Industrial**. Zaragoza: Acriba, 1973.

SPREER, E. **Lactologia industrial**: leche, preparación y elaboración, máquinas, instalaciones y aparatos, productos lácteos. 2. ed, Zaragoza: Acribia, 1991.

STAINSBY, G. Foaming and emulsification. In: **Functional properties of food macromolecules**. Mitchell, J. R.; Ledward, D. A (Ed). London, 1986, p. 315-53.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 418p.

STEINBERG, D. M.; HUNTER, W. G. Experimental design: a review and comment. **Technometrics** Chicago, v. 26, n. 2, 1984, p. 71-97.

STOSCHECK, C. M. **Analytical Biochemistry**, 1990, p.111-184.

SUN, C.; GUNASEKARAN, S.; RICHARDS, M. Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 21, 2007, p. 555-564.

SURH, J.; WARD, L. S.; MCCLEMENTS, D. J. Ability of conventional and nutritionally-modified whey protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. **Food Research International**, v. 39, 2006, p. 761-771.

TORRES, E. A. *et al.* Proximate food composition and caloric value of foods from animal origin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n.2, 2000, p.145-150.

TORRES, D. P. M. **Gelificação térmica de hidrolisados enzimáticos de proteínas do soro de leite bovino**. Comportamento de sistemas aquosos mistos péptidos-polissacarídeos. 118 p. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho, BRAGA, 2005.

UDESC - UNITED STATES DAIRY EXPORT COUNCIL. **Manual de referência para produtos de soro dos EUA**. Arlington, 1997.

URBICAIN, M. J.; LOZANO, J. E. Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs. In: **Handbook of Food Engineering Practice**. VALENTAS, K. J.; ROTSTEIN, E.; SINGH, R. P. (Ed.) CRC Press Inc. cap. 11, 1997. 732p.

URBANSKI, G. E. *et al.* Rheology models for pseudoplastic soy systems based on water binding. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 5, 1983, p. 1436-1439.

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.
Disponível em: www.cnpqgl.embrapa.br/producao/consumo.php. Acesso em: 28/07/2006.

VAN AKEN, G. A.; BLIJDENSTEIN, T. B. J.; HOTRUM, N.E. Colloidal destabilization mechanisms in protein-stabilised emulsions. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 8, 2003, p. 371-379.

VIDAL, J. R. M. B. **Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica* LKeitt)**. 159 p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), Campinas – SP, 2000.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINI, D. H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*mangífera indica* L-Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.1, 2004, p. 39-42.

VIDAL - MARTINS, A. M. *et al.* Evolução do índice proteolítico e do comportamento reológico durante a vida de prateleira de leite UAT/UHT. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, 2005, p. 698-704.

VOGELAAR, R. C. B. **Recuperação de proteínas do soro do queijo tipo mussarela por coagulação e floculação com quitosana**. 96p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

VOORBERGEN, M.; ZWANENBERG, A. Whey-ing up the future. **Dairy Industries International**, v. 67, n.1, 2002, p. 25-28.

WALSTRA, P. Formation of emulsions. In: **Encyclopedia of Emulsion Technology**. New York: Marcel Dekker, Inc. v. 5, 1983, p. 57 – 127.

WALSTRA, P; JENNESS, R. **Química y Física Lactologica**. Zaragoza: Acribia, 1987.

WIMSATT, D. K.; LOTT, J. A. **Clinical Chemistry**, 1987, p. 33.

YANG, C. H.; LI, Y. J.; WEN, T. C. **Industry & Engineering Chemical Research**, v. 36, n. 5, 1997, p.1614-1621.