

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Departamento de Tecnologia de Alimentos

**INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO CASEINA/GORDURA DO
LEITE E DA TEMPERATURA DE COZIMENTO DA MASSA
NO RENDIMENTO DE FABRICAÇÃO E NAS
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, FUNCIONAIS E
SENSORIAIS DO QUEIJO DE COALHO.**

Renata Monteiro Perez Buzato

Engenheira de Alimentos

Prof. Dra. Walkiria Hanada Viotto

Orientadora

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

Campinas – SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

B988i Buzato, Renata Monteiro Perez
Influência da relação caseína /gordura do leite e da temperatura de cozimento da massa no rendimento de fabricação e nas propriedades físico-químicas, funcionais e sensoriais do queijo de coalho / Renata Monteiro Perez Buzato. -- Campinas, SP: [s.n], 2011.

Orientador: Walkiria Hanada Viotto
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Queijo. 2. Textura. 3. Reologia. 4. Propriedades funcionais. 5. Aceitação sensorial. I. Viotto, Walkiria Hanada. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Título em inglês: Influence of milk casein/fat ratio and cooking temperature on the yield and physico-chemical, functional and sensory properties of "coalho" cheese

Palavras-chave em inglês (Keywords):Cheese, Texture, Rheology, Functional properties, Sensory acceptance

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Walkiria Hanada Viotto

Ana Lucia Barreto Penna

Christiane Maciel Vasconcellos Barros de Rensis

Mirna Lucia Gigante

Susana Marta Isay Saad

Data da defesa: 30/05/2011

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

Este exemplar corresponde à redação final da tese de doutorado defendida em ___/___/___ por Renata Monteiro Perez Buzato aprovado em comissão julgadora em ___/___/___.

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto

Orientadora

Profa. Dra. Ana Lucia Barreto Penna

Membro

Profa. Dra. Christianne Maciel Vasconcellos Barros de Rensis

Membro

Profa. Dra. Mirna Lucia Gigante

Membro

Profa. Dra. Susana Marta Isay Saad

Membro

Profa. Dra. Ariene Gimenes Fernandes Van Dender

Suplente

Profa. Dra. Eliana Paula Ribeiro

Suplente

Profa. Dra. Leila Maria Spadoti

Suplente

“As dificuldades que você encontra se resolverão conforme você avançar.

Prossiga, e a luz aparecerá, e brilhará com clareza crescente em seu caminho”

Jean le Rond D’Alembert

Aos meus filhos, João Victor e Vinicius, pelo amor, alegria e companhia sempre,

Ao meu marido, Léo, pela compreensão e apoio,

Aos meus pais, Fernando e Cida, pelo amor e incentivo,

Aos meus irmãos, Raquel e Rafael, amigos de toda a vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida e Rosa Mística pela proteção e por estarem sempre comigo, guiar meus passos e caminhos, iluminar minhas decisões, me dar forças e me auxiliar a atingir todos os objetivos a que me proponho. Pela oportunidade do mestrado e doutorado, experiências de vida, que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. Por todas as pessoas maravilhosas que eu encontrei e que fizeram esta jornada ser inesquecível, prazerosa, divertida e menos cansativa.

Agradecimentos muito especiais aos meus filhos, João Victor (5 anos) e Vinícius (3 anos e 9 meses) que são fonte de muita luz, amor e alegrias em minha vida. Vocês são a minha vida. Amo vocês! e a todos aqueles que me ajudaram nos seus cuidados e assim me possibilitaram a conclusão este trabalho. Agradecimentos muito mais do que especiais à Silmara, companheira, amiga, dedicada, responsável,... verdadeiro anjo colocado em minha vida em momento muito necessário. Muito obrigada!; à Escola de Educação Infantil Integração por todos os cuidados e carinhos das tias com as crianças; à Maria Alice, que por sua ajuda e amizade possibilitou a conclusão final deste trabalho.

Aos meus pais, Fernando e Cida, pelo apoio, amor, carinho, compreensão e incentivo sempre. À minha madrinha, Ângela, pelo amor e orações dedicadas a mim. Ao Léo, pela compreensão e apoio. Ao Conan (in memoriam), que faz muita falta. Aos meus irmãos, Quel e Fael, por ser tudo de bom em minha vida, pelo companheirismo e incentivo. À linda Ana Julia, que acabou de chegar... amo muito vocês! e a todos os familiares que torceram pelo sucesso deste trabalho.

À prof^a. Dra. Walkíria Hanada Viotto, que me acompanhou e orientou desde o mestrado, pela confiança, colaboração, dedicação e empenho na realização e conclusão deste trabalho.

À prof^a. Dra Maria Isabel Rodrigues, pelos ensinamentos sobre o planejamento experimental e por sempre me atender prontamente.

Aos membros da banca examinadora, pelos valiosos comentários e sugestões que enriqueceram o trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Unicamp, que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Ao CNPq pela concessão da bolsa acadêmica.

À Clarissa Reschke da Cunha, pela amizade, pela prontidão e pela participação ativa na análise estatística dos testes reológicos. À Monica Correia Gonçalves, pela amizade, pela prontidão e pela participação ativa na realização da parte experimental do trabalho, nos processamentos e na análise sensorial. Obrigada por despendarem seus preciosos tempos em me ajudar.

Às amigas, Veri, Lygia, Carol, Kizzi, Renatinha e Camila pela ajuda imprescindível nas análises, processamentos e testes sensoriais.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de leite que tornaram as rotinas de análises mais agradáveis e divertidas e que muito contribuíram na realização deste trabalho, Thati, Atilio, Milena, Pri Vianna, Mônica, e Rafael.

À Bete, laboratório de leite, pela amizade, ajuda, empenho e colaboração nas análises físico-químicas e pedidos de leite e, à Lu pelo apoio. Ao Adauto e Leonel, caldeireiros, pela ajuda e pelo fornecimento de vapor essencial nos processamentos.

À Ana Koon (laboratório de frutas), Alessandra (laboratório de cereais), Rosana (laboratório de óleos e gorduras) e Zé Roberto (laboratório de carnes) pelo uso de equipamentos e empréstimos de vidrarias.

À Renata e Diego, laboratório de instrumentação, pelo auxílio nas análises de reologia, textura e cor.

À Michelle Del Bianchi e ao Marcos da pós, que muito me ajudaram na fase final do trabalho.

Aos amigos de Unicamp que sempre vou lembrar com muito carinho, Pri Mamede, Lu Esper, Eduardo, Clarice, Emmanuele, Ana Patrícia, Marianas, Guillaum, Gustavo, Nelisa e Maristela.

E a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

Muito obrigada a todos!

Renata.

ÍNDICE

RESUMO GERAL	xxi
GENERAISUMMARY	xxiii
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 QUEIJO DE COALHO.....	4
3.2 QUEIJO DE COALHO-VARIABILIDADE NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO.....	6
3.3 QUEIJO DE COALHO – CARACTERISTICAS SENSORIAIS.....	8
3.4 RENDIMENTO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS.....	10
3.5 FATORES QUE AFETAM A TEXTURA E FUNCIONALIDADE DOS QUEIJOS.....	12
3.6 PROTEÓLISE.....	17
3.7 TEXTURA.....	22
3.8 REOLOGIA.....	24
3.9 PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	26
3.9.1 CAPACIDADE DE DERRETIMENTO.....	26
3.9.2 ÓLEO LIVRE.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 FABRICAÇÃO DO QUEIJO.....	30
4.2 AMOSTRAGEM DO QUEIJO.....	31
4.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA: LEITE, SORO E QUEIJO.....	32
4.4 CÁLCULOS DE RECUPERAÇÃO DE GORDURA E PROTEÍNA.....	33
4.5 CÁLCULOS DE RENDIMENTO.....	34
4.6 MUDANÇAS OCORRIDAS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO.....	34
4.6.1 AVALIAÇÃO DO pH E ACIDEZ TITULÁVEL.....	34
4.6.2 AVALIAÇÃO DA PROTEÓLISE.....	34
4.6.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE DIACETIL/ACETOÍNA.....	35
4.6.4 AVALIAÇÃO DA TEXTURA E PROPRIEDADES REOLÓGICAS.....	35
4.6.4.1 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL.....	36
4.6.4.2 ANÁLISE REOLOGICA DOS QUEIJOS.....	36

4.6.4.2.1 COMPRESSÃO UNIAXIAL.....	36
4.6.4.2.2 CREEP.....	37
4.6.5 PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	38
4.6.5.1 CAPACIDADE DE DERRETIMENTO.....	38
4.6.5.2 FORMAÇÃO DE ÓLEO LIVRE.....	39
4.6.5.3 COR.....	39
4.7 ANÁLISE SENSORIAL.....	40
4.8 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1 COMPOSIÇÃO DOS LEITES.....	46
5.2 COMPOSIÇÃO DO SORO.....	48
5.3 COMPOSIÇÃO DOS QUEIJOS.....	49
5.4 RECUPERAÇÃO DE GORDURA.....	58
5.5 RECUPERAÇÃO DE PROTEÍNA.....	64
5.6 RENDIMENTO DO QUEIJO.....	69
5.7 MUDANÇAS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO.....	76
5.7.1 EVOLUÇÃO DO pH E ACIDEZ TITULÁVEL.....	76
5.7.2 EVOLUÇÃO DA PROTEÓLISE.....	83
5.7.2.1 EXTENSÃO DE PROTEÓLISE.....	85
5.7.2.2 PROFUNDIDADE DA PROTEÓLISE.....	92
5.7.3 PRODUÇÃO DE DIACETIL.....	99
5.7.4 PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	107
5.7.4.1 CAPACIDADE DE DERRETIMENTO.....	109
5.7.4.2 FORMAÇÃO DE ÓLEO LIVRE.....	113
5.7.4.3 AVALIAÇÃO DA COR.....	119
5.7.4.3.1 COR ANTES DO DERRETIMENTO (IN NATURA).....	119
5.7.4.3.1.1 PARÂMETRO L* (LUMINOSIDADE) DA COR INSTRUMENTAL DOS QUEIJOS DE COALHO ANTES DO DERRETIMENTO.....	122
5.7.4.3.1.2 PARÂMETRO C*(CROMA) E h (ÂNGULO DE TONALIDADE) DA COR INSTRUMENTAL DOS QUEIJOS DE COALHO ANTES DO DERRETIMENTO.....	130

5.7.4.3.2 COR APÓS O DERRETIMENTO.....	136
5.7.4.3.2.1 PARÂMETRO L* (LUMINOSIDADE) DA COR INSTRUMENTAL DOS QUEIJOS DE COALHO APÓS O DERRETIMENTO.....	139
5.7.4.3.2.2 PARÂMETRO C*(CROMA) E h (ÂNGULO DE TONALIDADE) DA COR INSTRUMENTAL DOS QUEIJOS DE COALHO APÓS O DERRETIMENTO.....	143
5.7.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA E PROPRIEDADES REOLÓGICAS.....	150
5.7.5.1 PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL(TPA).....	150
5.7.5.1.1 DUREZA.....	153
5.7.5.1.2 MASTIGABILIDADE.....	161
5.7.5.1.3 ELASTICIDADE E COESIVIDADE.....	167
5.7.5.2 PROPRIEDADES REOLÓGICAS.....	174
5.7.5.2.1 COMPRESSÃO UNIAXIAL.....	174
5.7.5.2.1.1 TENSÃO NA RUPTURA E TENSÃO MÁXIMA.....	177
5.7.5.2.1.2 DEFORMAÇÃO NA RUPTURA.....	190
5.7.5.2.1.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE.....	195
5.7.5.2.2 CREEP.....	202
5.7.5.2.2.1 PARÂMETROS VISCOELÁSTICOS J_0 , J_1 e η	206
5.8 ANÁLISE SENSORIAL.....	217
5.8.1 TESTE DE ACEITAÇÃO.....	217
5.8.2 INTENÇÃO DE COMPRA.....	219
6. CONCLUSÃO GERAL.....	220
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	221
ANEXO I. MODELOS AJUSTADOS.....	238

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Níveis utilizados no delineamento central composto rotacional (DCCR).....	44
Tabela 2. Planejamento fatorial, valores reais e codificados das variáveis independentes de estudo, relação caseína/gordura (CN/G) do leite e temperatura de cozimento (Tcoz).da massa.....	45
Tabela 3. Composição média dos leites crus padronizados utilizados na fabricação dos queijos de coalho.....	47
Tabela 4. Composição média dos soros obtidos da fabricação dos queijos de coalho.....	48
Tabela 5. Composição média dos queijos de coalho.....	50
Tabela 6. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a umidade, proteína em base seca (PBS) e gordura em base seca (GBS) dos queijos de coalho.....	51
Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para a umidade, PBS e GBS dos queijos de coalho fabricados.....	53
Tabela 8. Recuperação média de gordura no soro e nos queijos de coalho.....	58
Tabela 9. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a recuperação de gordura no soro (RGS) e recuperação de gordura nos queijos de coalho (RGQ).	59
Tabela 10. Análise de variância para a RGS e RGQ.....	60
Tabela 11. Recuperação média de proteína no soro e nos queijos de coalho.....	64
Tabela 12. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a recuperação de proteína no soro (RPS) e recuperação de proteína nos queijos de coalho (RPQ).....	65
Tabela 13. Análise de variância para a RPS e RPQ.....	67
Tabela 14. Valores do rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.....	69
Tabela 15. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para o rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.....	70
Tabela 16. Análise de variância para o rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.....	72
Tabela 17. Valores médios de pH e acidez durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	76
Tabela 18. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o pH dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	77
Tabela 19. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a acidez dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	78

Tabela 20. ANOVA para o pH dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	80
Tabela 21. ANOVA para a acidez dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	81
Tabela 22. Valores médios de extensão e profundidade de proteólise durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	84
Tabela 23. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a extensão de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	86
Tabela 24. ANOVA para a extensão de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	87
Tabela 25. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a profundidade de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	94
Tabela 26. ANOVA para a profundidade de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	95
Tabela 27. Valores médios da produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	99
Tabela 28. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	100
Tabela 29. ANOVA para a produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	102
Tabela 30. Valores médios da capacidade de derretimento e da formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	108
Tabela 31. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a capacidade de derretimento nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	110
Tabela 32. ANOVA para a capacidade de derretimento nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	111
Tabela 33. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a formação de óleo livre nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	114
Tabela 34. ANOVA para a formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	115

Tabela 35. Valores médios dos parâmetros L^* , C^* e h^* , antes do derretimento, dos queijos de coalho para os dias 20 e 40 de armazenamento refrigerado.....	120
Tabela 36. Valores médios dos parâmetros L^* , C^* e h^* , antes do derretimento, dos queijos de coalho para os dias 60 e 90 de armazenamento refrigerado.....	121
Tabela 37. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro L^* (luminosidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	124
Tabela 38. ANOVA para o parâmetro L^* (luminosidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	125
Tabela 39. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro C^* (croma) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	131
Tabela 40. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	132
Tabela 41. ANOVA para o parâmetro C^* (croma) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	133
Tabela 42. ANOVA para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	134
Tabela 43. Valores médios dos parâmetros L^* , C^* e h^* , após o derretimento, dos queijos de coalho para os dias 20 e 40 de armazenamento refrigerado.....	137
Tabela 44. Valores médios dos parâmetros L^* , C^* e h^* , após o derretimento, dos queijos de coalho para os dias 60 e 90 de armazenamento refrigerado.....	138
Tabela 45. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro L (luminosidade) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	140
Tabela 46. ANOVA para a luminosidade (L^*) nos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).	141
Tabela 47. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro C^* (croma) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	145
Tabela 48. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	146

Tabela 49. ANOVA para o parâmetro C* (croma) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	147
Tabela 50. ANOVA para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	148
Tabela 51. Valores médios para a dureza e mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	151
Tabela 52. Valores médios para a coesividade e elasticidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	152
Tabela 53. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para dureza dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	154
Tabela 54. ANOVA para a dureza dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	156
Tabela 55. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para mastigabilidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	162
Tabela 56. ANOVA para a mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	163
Tabela 57. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a elasticidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	168
Tabela 58. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a coesividade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	169
Tabela 59. ANOVA para a elasticidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	171
Tabela 60. ANOVA para a coesividade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	172
Tabela 61. Valores médios da tensão na ruptura (σ_{rup}) e deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	175
Tabela 62. Valores médios da tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) e módulo de elasticidade (E) para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	176
Tabela 63. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a tensão na ruptura (σ_{rup}) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	179

Tabela 64. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	180
Tabela 65. ANOVA para a tensão na ruptura (σ_{rup}) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	181
Tabela 66. ANOVA para a tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	182
Tabela 67. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	191
Tabela 68. ANOVA para a deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	193
Tabela 69. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	196
Tabela 70. ANOVA para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	197
Tabela 71. Valores de R^2 (% de variação explicada) e r (coeficiente de correlação) das curvas obtidas experimentalmente e do modelo generalizado de Kelvin com $n=1$ durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	203
Tabela 72. Valores médios dos parâmetros viscoelásticos, J_0 e J_1 , para os de coalho durante os 90 dias de armazenamento queijos refrigerado.....	204
Tabela 73. Valores médios dos parâmetros viscoelásticos, η e τ_1 , para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	205
Tabela 74. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a compliância instantânea (J_0) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	208
Tabela 75. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a compliância do elemento elástico (J_1) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	209
Tabela 76. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a viscosidade newtoniana (η) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	210
Tabela 77. ANOVA para a compliância instantânea (J_0) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	212
Tabela 78. ANOVA para a compliância do elemento elástico (J_1) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	213

Tabela 79. ANOVA para a viscosidade newtoniana (η) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).....	214
Tabela 80. Médias obtidas para a aceitação do queijo de coalho grelhado no dia 30 de armazenamento refrigerado.....	217
Tabela 81. Características sensoriais que os provadores mais gostaram e menos gostaram para o queijo de coalho grelhado.....	218

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interrelação entre os fatores que afetam a textura e propriedades funcionais.....	13
Figura 2. Proteólise e catabolismo de aminoácidos em queijos durante a maturação.....	19
Figura 3. Modelo proposto para mostrar o mecanismo de ação do NaCl na formação de óleo livre, através da troca iônica de sódio por cálcio ligado à caseína.....	29
Figura 4. Grelha elétrica utilizada na análise sensorial do queijo de coalho grelhado.....	41
Figura 5. Coloração amarronzada característica do queijo de coalho grelhado.....	42
Figura 6. Ficha utilizada na aplicação do teste de aceitação do queijo de coalho grelhado.....	43
Figura 7. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a porcentagem de umidade dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.....	54
Figura 8. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a proteína base seca (PBS) dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.....	55
Figura 9. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a gordura base seca (GBS) dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.....	56
Figura 10. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a recuperação de gordura no soro (RGS) em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.....	61
Figura 11. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a recuperação de gordura no queijo (RGQ) em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.....	62
Figura 12. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a recuperação de proteína no soro (RPS) em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	68
Figura 13. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o rendimento real (RR) de fabricação dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	74
Figura 14. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o rendimento ajustado (RAJ) de fabricação dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	75
Figura 15. pH dos queijos em função do tempo de armazenamento refrigerado.....	83

Figura 16. Acidez titulável dos queijos em função do tempo de armazenamento refrigerado.....	83
Figura 17. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a extensão de proteólise para os queijos de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	88
Figura 18. Evolução da extensão da proteólise nos queijos de coalho durante o armazenamento refrigerado.....	90
Figura 19. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a evolução da extensão de proteólise durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60; (d) dia 90.....	91
Figura 20. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a profundidade de proteólise no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	96
Figura 21. Evolução da profundidade da proteólise nos queijos de coalho durante o armazenamento refrigerado.....	98
Figura 22. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a produção de diacetil no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	103
Figura 23. Produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	104
Figura 24. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a evolução da produção de diacetil durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) 90.....	106
Figura 25. Evolução da capacidade de derretimento dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	112
Figura 26. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a formação de óleo livre no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	116
Figura 27. Formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	117
Figura 28. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a evolução da formação de óleo livre durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60; (d) dia 90.....	118
Figura 29. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a luminosidade (L^*) da cor dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite, antes do derretimento, no dia 20 de armazenamento refrigerado.....	126
Figura 30. Evolução da luminosidade (L^*) da cor dos queijos de coalho ao longo do armazenamento refrigerado.....	128

Figura 31. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a luminosidade (L^*) da cor nos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e da relação CN/G do leite, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60.....	129
Figura 32. Dispersão dos parâmetros de cor no sólido tridimensional entre os diferentes ensaios de queijo de coalho.....	135
Figura 33. Evolução da luminosidade dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	142
Figura 34. Dispersão dos parâmetros de cor no sólido tridimensional entre os diferentes ensaios de queijo de coalho após o derretimento.....	149
Figura 35. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a dureza do queijo de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.....	157
Figura 36. Evolução da dureza dos queijos de coalho ao longo do tempo de armazenamento refrigerado.....	158
Figura 37. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a dureza dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.....	160
Figura 38. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a mastigabilidade do queijo de coalho em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.....	164
Figura 39. Evolução da mastigabilidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	165
Figura 40. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.....	166
Figura 41. Evolução da elasticidade dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado.....	173
Figura 42. Evolução da coesividade dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado.....	173
Figura 43. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a tensão na ruptura (σ_{rup}) do queijo de coalho em relação a temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.....	183
Figura 44. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a tensão máxima ($\sigma_{máx}$) do queijo de coalho em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.....	184
Figura 45. Evolução da tensão na ruptura dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	186

Figura 46. Evolução da tensão máxima dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	186
Figura 47. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a tensão na ruptura dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.....	188
Figura 48. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a tensão máxima dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.....	189
Figura 49. Evolução da deformação na ruptura dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.....	194
Figura 50. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o módulo de elasticidade (E) do queijo de coalho em relação a temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.....	198
Figura 51. Evolução do módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado.....	200
Figura 52. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.....	201
Figura 53. Evolução da compliância instantânea (J_0) durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	215
Figura 54. Evolução da compliância do elemento elástico (J_1) durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	215
Figura 55. Evolução da viscosidade newtoniana (Pa.s) durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.....	216
Figura 56. Intenção de compra dos queijos de coalho grelhados.....	219

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da relação caseína/gordura (CN/G) do leite e da temperatura de cozimento (T_{coz}) da massa no rendimento de fabricação e nas propriedades tecnológicas do queijo de coalho. Três níveis de relação CN/G do leite (0,65; 0,75 e 0,85) e de T_{coz} da massa (45°C, 50°C e 55°C) foram avaliados. Um delineamento composto central rotacional (DCCR) e a metodologia de análise de superfície de resposta foram usados. A composição físico-química do leite cru padronizado, dos soros e dos queijos, a recuperação de gordura e proteína no soro e queijo e o rendimento de fabricação foram determinados. As mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado, nos dias 20, 40, 60 e 90, foram monitoradas através das determinações de pH, acidez titulável, índices de extensão e profundidade de proteólise, formação de diacetil, textura, propriedades reológicas, cor antes e após derretimento, formação de óleo livre e capacidade de derretimento. A relação CN/G do leite foi a variável que mais influenciou a composição dos queijos. A temperatura de cozimento da massa exerceu maior influência na umidade dos queijos, que variou de 38,32% a 46,51%. Em geral, os queijos de coalho apresentaram pH elevado (6,20 a 6,47) e baixa acidez (0,10% a 0,15%). Houve um aumento significativo no rendimento ajustado de fabricação quando a relação CN/G do leite foi menor que 0,65. A relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa não influenciaram significativamente o pH, acidez e capacidade de derretimento durante o armazenamento refrigerado. Apesar das diferenças estatísticas observadas, a variação da extensão e da profundidade da proteólise foi pequena. O aumento da temperatura de cozimento da massa favoreceu o aumento dos teores de diacetil. A baixos valores de relação CN/G e a elevadas temperaturas de cozimento da massa houve um aumento na formação de óleo livre. A cor dos queijos de coalho antes e após o derretimento foram bastante semelhantes, com pequena variação ao longo do tempo. Houve correlação direta entre os valores de dureza, tensão máxima e tensão na ruptura, sendo que estes valores foram mais elevados quando a relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa foi mais alta que 0,9 e 57°C, respectivamente, e os queijos apresentaram teor de umidade

abaixo de 40%. Os queijos de coalho apresentaram valores muito próximos de dureza, mastigabilidade, tensão na ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade, apesar de haver diferença significativa entre as amostras. A variação da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa não resultaram em diferenças significativas na elasticidade, coesividade e deformação na ruptura dos queijos. O pH elevado e, provavelmente, o alto teor de cálcio micelar podem ter favorecidos as interações protéicas, resultando em queijos igualmente coesos e elásticos. O teste de creep mostrou que os parâmetros compliância instantânea (J_0), compliância retardada (J_1) e viscosidade newtoniana (η) não foram significativamente afetados pela relação CN/G do leite e pela temperatura de cozimento da massa. Houve aumento de J_0 e J_1 e diminuição de η com o tempo de armazenamento, provavelmente devido à proteólise ocorrida que, apesar de limitada, contribuiu para diminuir levemente a rigidez do queijo. Em geral, as propriedades reológicas e de textura foram pouco afetadas pelo tempo de armazenamento refrigerado. Os queijos de coalho, independentes da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa tiveram boa aceitação sensorial. Os consumidores declararam possuir preferência pelos queijos com coloração amarronzada mais intensa, com maciez interna e crocância da casca. A aparência e o sabor tiveram maior influência na intenção de compra do produto do que a textura dos queijos de coalho. Os provadores relataram que certamente comprariam ou provavelmente comprariam os queijos, independente da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa. Uma vez que a relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa exerceram pouca ou quase nenhuma influência nas propriedades físico-químicas e funcionais dos queijos de coalho e, estas características se mantiveram praticamente estáveis ao longo dos 90 dias de armazenamento refrigerado, a escolha das condições ótimas dessas variáveis pode ser efetuada com base no rendimento ajustado de fabricação, com valor de relação CN/G menor que 0,65, para se obter um alto rendimento de fabricação do queijo de coalho com boa aceitação sensorial.

Palavras-chave: queijo, textura, reologia, propriedades funcionais, aceitação sensorial.

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the influence of milk casein/fat (CN/G) ratio and curd cooking temperature (Tcoz) on the yield and the technological properties of “coalho” cheese. Three levels of milk CN/G ratio (0.65; 0.75 and 0.85) and of curd Tcoz (45°C, 50°C and 55°C) were evaluated. A central composite rotational design (DCCR) and response surface methodology analysis were used. The chemical composition of milk, whey and cheese, fat and protein recovery and cheese yield were determined. Changes during 90 days of refrigerated storage, were monitored by determining the pH, acidity, index of extension and depth of proteolysis, diacetyl formation, texture, rheological properties, color before and after melting, formation of free oil and melting capacity of the cheeses. The CN/G ratio of milk was the variable that most influenced the composition of the samples. The curd cooking temperature exerted greater influence on the moisture of the cheeses, which varied from 38.32% to 46.51%. In general, the “coalho” cheese showed high pH (6.20 to 6.47) and low acidity (0.10% to 0.15%). There was a significant increase in cheese yield when the CN/G ratio in milk was lower than 0.65. The CN/G ratio of milk and curd cooking temperature did not significantly influence the pH, acidity and melting capacity during refrigerated storage. However, the extent and depth of proteolysis and the formation of diacetyl and free oil were significantly affected by the CN/G ratio of milk and curd cooking temperature. Despite the statistical significance, the variation of extension and depth of proteolysis was small. Increasing the cooking temperature of the curd favored the increased levels of the diacetil. There was an increase in free oil formation at low ratios of CN/G and high cooking temperatures of the curd. The color of the “coalho” cheese before and after melting was quite similar, with little variation over time. A direct correlation between the hardness, maximum tension and tension in the rupture was observed, and these values were higher when the ratio CN/G of the milk and the cooking temperature of the curd was higher than 0.9 and 57° C, respectively, and the cheeses showed lower moisture than 40%. The “coalho” cheeses presented very similar values of hardness, chewiness, fracture

stress maximum stress and elastic modulus despite the significant differences between the samples. The variation in CN/G of milk and the cooking temperature of the curd did not result in significant differences in the elasticity, cohesiveness and strain of the cheeses. It is probable that the high pH and high micelar calcium content of the cheese favored protein interactions, resulting in equally cohesive and elastic cheese. The creep test showed that the instantaneous compliance (J_0 ,) retarded compliance (J_1) and Newtonian viscosity (η) were not significantly affected by the ratio CN/G in milk and cooking temperature of the curd. There was an increase in J_0 and J_1 and η decrease with storage time, probably due to proteolysis, although limited, which contributed to slightly decrease the rigidity of the cheese. In general, rheological properties and texture were little affected by cold storage. The rheological properties and texture were not affected by cold storage. In general, there was better acceptance by consumers for cheeses with more intense brownish, with inner softness and crispness. The panelists reported that they certainly would buy or probably buy the cheese, regardless of the ratio CN/G milk and cooking temperature of the curd. Since the ratio CN / G in milk and cooking temperature of the mass exerted little or no influence on the physico-chemical and functional properties of cheese curd, and these characteristics remained almost stable over the 90 days of refrigerated storage, the choice the optimal conditions of these variables can be made based on the manufacture yield adjusted to be value compared with CN/G less than 0.65 to obtain a high yield manufacturing of cheese curds with good acceptability.

Keywords: cheese, texture, rheology, functional properties, sensory acceptance.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O queijo de coalho é um queijo típico da região Nordeste do Brasil, sendo considerado como um dos principais produtos de laticínios produzidos nessa região. O queijo de coalho é consumido preferencialmente como queijo de mesa, mas também é utilizado como ingrediente culinário. Entretanto, em algumas regiões, o produto é consumido massivamente na forma grelhada. Por ser um queijo regional, as práticas de fabricação são muito variadas, e dependentes da região de fabricação, sendo, na sua maioria, produzido artesanalmente. A legislação brasileira sobre queijo de coalho contempla as variações regionais, sendo muito abrangente e pouco definida, permitindo que o produto chegue ao mercado sem um padrão de qualidade e identidade.

O produto tem se popularizado para outras regiões do Brasil e, atualmente, no estado de São Paulo o queijo é comercializado quase que exclusivamente na forma fracionada em espetos para churrasco e, consumidos principalmente na forma grelhada. Desta maneira, o principal requisito de qualidade esperado para o queijo de coalho é não derreter e manter seu formato original durante o tempo necessário de grelhagem.

O perfil das indústrias que comercializavam o produto no município de Campinas, S.P. foi verificado por Perez (2005) e revelou grande variação no processo de fabricação entre as sete marcas de queijo de coalho avaliadas. O cozimento da massa foi a etapa do processamento que mais variou entre as indústrias, com diferenças na temperatura e na forma de aquecimento. O cozimento da massa pode afetar a composição e a estrutura do queijo, influenciando também na textura, no derretimento, assim como na viabilidade das bactérias lácticas que sobreviveram à pasteurização.

Nessas indústrias, o teor de gordura do leite destinado à fabricação do queijo ou era padronizado (3,2%) ou integral. O queijo é um concentrado protéico-gorduroso e a gordura juntamente com a caseína são fatores importantes no rendimento de fabricação, textura e reologia do queijo e, portanto, suas propriedades funcionais. Mais propriamente, a padronização da relação

caseína/gordura (CN/G) do leite permite obter queijos com as mesmas características físico-químicas, textura e propriedades funcionais.

Portanto, a relação caseína/gordura (CN/G) do leite e a temperatura de cozimento (T_{coz}) da massa do queijo são fatores importantes que podem influenciar o rendimento de fabricação, textura e suas propriedades funcionais.

A otimização da relação caseína/gordura e da temperatura de cozimento da massa com relação ao rendimento de fabricação, textura, reologia e funcionalidade do queijo de coalho, desejáveis para o seu consumo grelhado, pode contribuir para a padronização da tecnologia de fabricação desse queijo e resultar em mudanças na legislação, tornando-a mais específica e menos abrangente.

Além disso, o maior entendimento de como a relação caseína/gordura do leite e a temperatura de cozimento da massa afeta as mudanças que ocorrem durante o armazenamento refrigerado pode fornecer subsídios importantes para o controle da funcionalidade e propriedades sensoriais do queijo, cruciais para a aceitação do produto pelo consumidor.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a influência da relação caseína/gordura (CN/G) do leite e da temperatura de cozimento da massa no rendimento de fabricação e nas propriedades físico-químicas, funcionais e sensoriais do queijo de coalho destinado ao consumo na forma grelhada.

Os objetivos específicos foram:

a) avaliar a influência da relação CN/G e da temperatura de cozimento da massa na recuperação de gordura e proteína do soro e queijo, no rendimento de fabricação e na composição final do queijo;

b) avaliar as mudanças químicas e funcionais ocorridas durante o tempo de armazenamento refrigerado através do monitoramento do pH, desenvolvimento de acidez, extensão e profundidade da proteólise, produção de diacetil, capacidade de derretimento, formação de óleo livre e cor antes e após derretimento do queijo;

c) avaliar as mudanças físicas ocorridas durante o tempo de armazenamento refrigerado através do acompanhamento do perfil de textura instrumental e dos testes reológicos de compressão uniaxial e creep;

d) avaliar a aceitação sensorial e a intenção de compra do queijo de coalho, na forma grelhada, após 30 dias de armazenamento refrigerado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 QUEIJO DE COALHO

Entende-se por queijo de coalho, o queijo que se obtém por coagulação do leite por meio do coalho ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácteas selecionadas e comercializado com até 10 dias de fabricação. É um queijo de média a alta umidade, de massa semi-cozida ou cozida e apresentado um teor de gordura nos sólidos totais variável entre 35,0% e 60% (BRASIL, 2001).

É um dos produtos lácteos que apresenta o maior volume de fabricação e de consumo na região Nordeste do Brasil, sendo produzido principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (NASCIMENTO; SANTOS; FERREIRA, 2002). O produto, incorporado à cultura nordestina por várias gerações, faz parte dos hábitos alimentares da população. O seu consumo é bastante variado, podendo ser utilizado como queijo de mesa, como ingrediente culinário ou mesmo na forma grelhada. Sua fabricação representa uma atividade de importância social, econômica e cultural para a região (SEBRAE-PE, 1994; CAVALCANTE *et al.*, 2003). A maioria do queijo de coalho elaborado no Nordeste é proveniente de fabricação artesanal, a partir de leite integral cru de vaca, provindo de pequenas queijarias urbanas ou rurais e sua quantificação não consta em estatísticas oficiais (CAVALCANTE *et al.*, 2004). Estima-se que cerca de 40 a 50% da produção de leite da região Nordeste seja destinado a elaboração de queijo de coalho artesanal, na informalidade (CAVALCANTE, 2005).

A produção artesanal do queijo apresenta um risco potencial à saúde do consumidor, sendo necessária e obrigatória a sua industrialização (BORGES *et al.*, 2003; SENA *et al.*, 2000). Quando é elaborado industrialmente, a partir de leite pasteurizado, o queijo de coalho tem sua seguridade microbiológica assegurada, mas não conserva o aroma e sabor característico do produto artesanal, que é bastante apreciado pelos consumidores nordestinos (CAVALCANTE *et al.*, 2004). Para garantir a segurança alimentar e preservar as características sensoriais do queijo nordestino, o uso de culturas lácticas endógenas regionais tem sido

propostas na fabricação do queijo, a partir de leite pasteurizado. (CAVALCANTE *et al.*, 2007).

Houve uma popularização do queijo de coalho para outras regiões do Brasil. Em 2008, a produção brasileira de queijo de coalho, na forma fracionada, em palitos foi de 2.850 toneladas (ABIQ, 2010). No estado de São Paulo, o produto é comercializado, preferencialmente, na forma fracionada em espetos para churrasco e, pode ser encontrado na variedade tradicional ou condimentada, fabricados sempre a partir de leite pasteurizado e, consumidos principalmente na forma grelhada. O produto pode ser encontrado em hipermercados, supermercados, açougues e padarias armazenados sempre à temperatura de refrigeração, e com vida de prateleira de até 120 dias (PEREZ, 2005).

Atualmente, o queijo de coalho tem ganhado ainda mais projeção e *status* na região nordeste, pelo projeto de construção do Museu do Queijo de Coalho e pelo desejo que o produto receba a certificação. O projeto em andamento para a construção do Museu do Queijo de Coalho é uma iniciativa do governo pernambucano. O Museu será sediado no prédio histórico Mosteiro do Bom Pastor na cidade de Garanhuns, PE. O município foi escolhido porque sustenta cerca de 70% de produção da bacia leiteira pernambucana. Nessa região do agreste setentrional, chega-se a produzir cerca de 1,3 milhões de litros de leite/dia, com 800 fabricantes informais desse queijo. De modo a orientar o processo de fabricação e conseguir melhorar a qualidade do produto, vai ser criado também na região, o Centro Vocacional Tecnológico (CVT), o Centro de Ciências do Agreste Meridional (CECIAM) e um Centro Tecnológico de Laticínios (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2010; CAVALCANTI, 2010).

A certificação do queijo de coalho é uma iniciativa do Sebrae-PE (2010), em conjunto com os produtores do setor. Para isto, o queijo de coalho vem sendo inserido de forma estratégica na alta gastronomia, na tentativa de introduzir o produto, que já faz parte da cultura local, no circuito gastronômico. Desta maneira, o queijo de coalho pode ganhar mais valorização e projeção, e se tornar ainda mais forte comercialmente. Por meio da certificação, o queijo recebe um selo que

indica sua procedência, a chamada identificação geográfica (MILKNET, 2010; PORTALDOAGRONEGÓCIO, 2010).

Ambos, a construção do Museu e a certificação do queijo de coalho, mostram a importância cultural e histórica da produção do queijo de coalho no Nordeste brasileiro. A valorização de queijos artesanais representa a preservação das características típicas do produto, bastante desejada pelos consumidores, que estão sempre em busca de sabores originais (CAVALCANTE, 2005). Os “queijos do Serro, Canastra e Araxá, são exemplos típicos de queijos produzidos no estado de Minas Gerais, que possuem o reconhecimento da certificação.

3.2 QUEIJO DE COALHO - VARIABILIDADE NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O queijo de coalho não apresenta uma padronização no seu processo de fabricação. No nordeste, em geral, as técnicas de produção provêm de tradições arraigadas, artesanais, o que conseqüentemente resulta em diversificação da metodologia para a manufatura do queijo de coalho. (NASSU *et al.*, 2001).

A legislação brasileira sobre queijo de coalho contempla as variações regionais, sendo muito abrangente e pouco definida. As características distintivas do processo de fabricação, de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo de Coalho (BRASIL, 2001), permite o aquecimento da massa através de água quente ou vapor indireto até a obtenção de massa semi-cozida (até 45°C) ou cozida (entre 45°C e 55°C), sendo que o queijo poderá ser obtido também a partir de massa crua (sem aquecimento). O sal deve ser adicionado através de salga na massa e, se for o caso, prensagem, secagem, embalagem e estocagem em temperatura de 10-12°C, normalmente com até 10 dias. O produto é classificado, de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (BRASIL, 1996), como queijo de média a alta umidade, com um teor de gordura nos sólidos totais variável entre 35,0% e 60,0% e, portanto, sendo classificado como um queijo gordo ou semi-gordo.

O perfil das indústrias que comercializavam o produto no município de Campinas, S.P. foi verificado por Perez (2005), que verificou grande variação no

processo de fabricação entre as sete marcas de queijo de coalho avaliadas. Foi verificado que o cozimento da massa foi a etapa do processamento que mais variou entre as indústrias, com diferenças na temperatura e forma de aquecimento. As indústrias declararam utilizar baixa quantidade de fermento láctico mesofílico tipo O (<1%) ou não usá-lo; temperatura de cozimento da massa na faixa de 40 a 50°C e a salga geralmente efetuada na massa. O teor de sal bastante elevado, variando de 2,4% a 3,5%. Essas práticas podem inibir parcial ou totalmente o coagulante e/ou fermento láctico mesofílico adicionado, resultando em baixa atividade proteolítica e baixo teor de umidade, que favorecem uma baixa capacidade de derretimento do queijo.

A adequação do processo de fabricação do produto para obtenção de um queijo de coalho com baixa capacidade de derretimento e manutenção do seu formato original durante o tempo de grelha tem sido um esforço individual de cada indústria, resultando em grande diversidade no processamento do queijo. Várias propostas de modificação do processo de fabricação do queijo de coalho têm surgido: a) O instituto de Laticínios Candido Tostes (2002) tem proposto o uso de 0,1-0,2% de fermento láctico mesofílico acidificante ou aromático, e aquecimento da massa através de vapor indireto até 39-40°C e salga na massa; b) Munck (2010) sugeriu o uso de 1,0 a 1,5% de fermento láctico, mexedura em torno de 50 min, sem aquecimento da massa, e salga em salmoura; c) Rodrigues (2010) sugeriu o uso de fermento láctico mesofílico composto de *Lactococcus lactis* ssp *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp *cremoris*, aquecimento indireto da massa à 45°C e salga na massa (1,5 a 2,0% de sal); d) Laticinonet (2010) sugere não utilizar o fermento láctico, aquecimento da massa através de vapor indireto até 49-50°C e salga na massa (2% de sal); e) outras propostas incluem o uso de fermento láctico composto de *Lactococcus lactis* ssp *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp *lactis biovar. diacetylactis* ou mesmo a supressão do fermento láctico. O cozimento da massa pode ser feito por aquecimento indireto até 49-50°C ou direto, através da remoção do soro, aquecimento até 70°C e reincorporação do soro aquecido até a massa atingir 55- 60°C (ENGETECNO, 2010).

Com a falta de padronização nas etapas de processamento do queijo de coalho e propostas de técnicas de fabricação bastante variadas, o mercado recebe produtos com grande diversidade e sem um padrão de qualidade definido. O estudo e a otimização das variáveis de processo do queijo de coalho podem auxiliar na publicação de um regulamento técnico de identidade e qualidade mais específico e contribuir para a obtenção de um produto padronizado e com características funcionais e sensoriais que atendam as expectativas dos consumidores.

3.3 QUEIJO DE COALHO – CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS

O queijo de coalho deve apresentar consistência elástica, textura compacta ou aberta com olhaduras mecânicas, cor branca amarelada uniforme, sabor brando, ligeiramente ácido e salgado, odor ligeiramente ácido de coalhada fresca, casca fina e não muito bem definida, formato e peso variáveis. O leite deve ser integral ou padronizado e obrigatoriamente pasteurizado (BRASIL, 2001).

Cavalcante (2005), numa tentativa de preservar as características sensoriais desejadas pelo consumidor nordestino e garantir a segurança do produto propôs uma metodologia de fabricação industrial, utilizando fermento proveniente de cultura láctea endógena regional. O cozimento da massa foi indireto até 45°C e a salga foi realizada na massa.

No entanto, as características sensoriais esperadas no queijo de coalho para o consumidor nordestino diferem daquelas esperadas pelo consumidor da região Sudeste. Perez e Viotto (2008), estudando o perfil do consumidor do queijo de coalho da região de Campinas, S.P., verificaram que de seu consumo é preferencialmente na forma grelhada, em espetos para churrasco, devendo apresentar baixa capacidade de derretimento e não escoar pela grelha e, possuir baixa liberação de óleo livre. O queijo deve ser levemente ácido e amanteigado e o teor de sal deve ser pronunciado. A textura deve ser macia internamente com o

desenvolvimento de uma crosta tostada, de coloração amarronzada, característica desenvolvida com o tempo de grelhagem. Esses foram os atributos mais desejáveis e os fatores determinantes na compra do produto (PEREZ, 2005).

O aroma e sabor de manteiga foram características marcantes nos queijos de coalho comerciais avaliados sensorialmente por Perez (2005). Mamede *et al.* (2007) também observaram forte aroma de manteiga em queijos de coalho fabricados com adição de cepas selecionadas de *Enterococcus*.

As bactérias do gênero *Enterococcus* são pertencentes à microbiota láctea, sendo encontrados em elevada contagem em queijos, especialmente os artesanais. As bactérias do gênero *Enterococcus* foram a microbiota dominante de queijos de coalho artesanais (CAVALCANTE *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2005) e industrializados que apresentavam sabor e aroma de manteiga (PERRI *et al.*, 2007). Essas bactérias apresentam resistência térmica elevada (68°C por 30 min.), o que explica sua presença em queijos produzidos a partir de leite cru e pasteurizado (GIRRAFA *et al.*, 1997). Apresentam tolerância ao sal, podendo crescer em concentração de até 6,5% (HARRIGAN, 1998). De acordo com Rosado *et al.* (2007), a etapa de cozimento da massa e a salga do queijo de coalho ajudaram a selecionar e favoreceram o desenvolvimento de *Enterococcus* no queijo, o que também foi verificado por Mamede (2009). Sarantinopoulous *et al.* (2002), Giraffa *et al.* (1997) e Centeno *et al.* (1996) afirmaram que os *Enterococos* têm seu papel na maturação e no desenvolvimento do sabor em queijos devido à sua atividade proteolítica, bem como na produção de diacetil. É sabido que as bactérias deste gênero são capazes de metabolizar o lactato e o citrato, presentes naturalmente nos queijos, em compostos aromáticos, como o diacetil e a acetoína (PALLES, 1998). O diacetil é o principal responsável pelo aroma de manteiga, em produtos lácteos, em especial os queijos, sendo 100 vezes mais forte que o aroma da acetoína (CURIONI; BOSSET, 2002). Centeno (1999) em um estudo com queijo Cebreiro produzido com cepas de *Enterococcus faecalis* var. *liquefaciens*, encontrou um teor de até 247 mg de diacetil / acetoína por quilo de queijo.

Num estudo com amostras de queijo de coalho artesanal, Carvalho *et al.*, (2005) observaram a predominância do gênero *Enterococcus* (60%), dentre o

grupo de bactérias lácticas estudadas. Este perfil foi correlacionado com a possível seleção de bactérias resistentes a temperaturas elevadas promovidas pela etapa de cozimento da massa do queijo.

Como o aroma e o sabor de manteiga estão diretamente relacionados ao diacetil, e o *Enterococcus* é a microbiota dominante dos queijos de coalho industrializados (PERRI *et al.*, 2007; MAMEDE, 2009), é provável que o aroma de manteiga esteja associado à presença de *Enterococcus* que, em sua maioria, são mais proteolíticos e produzem mais diacetil do que os outros grupos de bactérias lácticas (BAL) (CENTENO, 1999). Fiorda e Viotto (2009) determinaram a evolução do diacetil com o tempo de armazenamento de queijos submetidos a diferentes temperaturas de cozimento da massa, bem como o de queijos comerciais encontrados no mercado. Um grupo de provadores treinados avaliou os queijos para detecção do aroma de manteiga. Independente do tratamento térmico da massa ou da origem do queijo comercial, todos os queijos apresentaram um teor máximo de diacetil na faixa de 70 a 80 mg/kg durante o armazenamento refrigerado. Esses valores de diacetil, bastante baixos, estavam abaixo do limite de detecção dos provadores, que não conseguiram detectar o aroma de manteiga. Isso parece mostrar que a presença de diacetil e de aroma de manteiga é dependente da quantidade e da espécie de *Enterococcus* presente no leite cru, como mostrou Perri *et al.*, (2007).

3.4 RENDIMENTO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS

O rendimento de fabricação de queijos se refere à recuperação de gordura e proteína do leite para o queijo. Pode ser definido como a quantidade de queijo produzido a partir de um dado volume de leite (FENELON; GUINEE, 1999). Na indústria queijeira, a expressão do rendimento quase sempre é feita de maneira empírica e inexata, é expresso como sendo a quantidade de queijo (kg) obtido a partir de 100 kg de leite e, portanto, possui pouco significado para efeito de comparação de rendimento entre os diversos lotes produzidos (EMMONS, 1990; VAN DEN BERG, 1993).

Devido aos diferentes teores de umidade e sal dos queijos é desejável calcular o rendimento dos queijos ajustado para o mesmo teor de umidade e sal (RAJ), como descrito pela equação (1) abaixo (LAU *et al.*, 1990).

$$\text{RAJ} = \frac{(\text{Rendimento}) [100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ de sal})]}{100 - (\% \text{ umidade desejada} + \% \text{ sal desejada})} \quad (1)$$

O rendimento de fabricação é considerado como o principal parâmetro de medida da eficiência e da viabilidade econômica de um processo de fabricação, sendo utilizado como ferramenta para avaliar a necessidade de mudança tecnológica de um procedimento de fabricação (EMMONS, 1993; FOX *et al.*, 2000).

Os principais fatores que afetam o rendimento de fabricação do queijo são a composição do leite, especialmente o teor de caseína e gordura, procedimentos de manufatura como corte do coágulo, intensidade do tratamento e da temperatura de cozimento da massa e, composição do queijo especialmente a retenção de umidade (GUO *et al.*, 2004; FOX *et al.*, 2000).

O teor de proteína e o de gordura tem um papel fundamental no rendimento do queijo. A caseína, após ser coagulada pela ação do coalho, é responsável pela formação da rede protéica (paracaseinato de cálcio) que aprisiona os demais elementos do leite como gordura, lactose, sais minerais, proteínas do soro, etc. Aumentando-se o teor de caseína do leite, o rendimento de fabricação aumenta diretamente pela maior quantidade de proteína que é retida e indiretamente pela maior retenção de água no queijo (GUINEE; MCSWEENEY, 2006). O aumento do teor de gordura também provoca efeito positivo no rendimento pela maior quantidade de gordura retida e, indiretamente, pelo impedimento físico que a gordura promove no grau de contração da matriz protéica, reduzindo a extensão da sinerese, com conseqüente aumento da umidade e do rendimento do queijo (GUINEE, 2003).

O aumento da umidade retida no queijo representa um aumento no rendimento não apenas pelo acréscimo de água, mas também pela presença de

sólidos solúveis como proteínas do soro, glicomacropéptídeos, lactatos e sais solúveis (GUINEE; MCSWEENEY, 2006).

Na fase inicial de corte e mexedura da coalhada ocorre o primeiro processo de desidratação, onde proteína, gordura e sais minerais são concentrados para formar o gel. A velocidade de corte e o tamanho dos grãos, e a intensidade e o aumento da temperatura do cozimento da massa podem influenciar negativamente o rendimento do queijo, por promover perdas de gordura e proteína para o soro e afetar a extensão da sinérese da coalhada (KINDSTEDT, 1992; MCMAHON; OBERG, 1998). Portanto, a padronização da relação caseína/gordura (CN/G) do leite é essencial para a obtenção de queijos com as mesmas características físico-químicas, textura e propriedades funcionais (FOX *et al.*, 2000; FOX; COGAN, 2004).

3.5 FATORES QUE AFETAM A TEXTURA E FUNCIONALIDADE DO QUEIJO.

Os principais fatores que afetam a textura e as propriedades funcionais do queijo estão relacionados com a composição do leite utilizado na fabricação do queijo (teor de caseína, gordura, cálcio e pH), processo de manufatura empregado (tipo de fermento láctico e coagulante utilizado, tempo e temperatura de cozimento, tipo de salga), período e condições de maturação (umidade, tempo e temperatura) e as interações proteína-proteína da matriz de para-caseína fosfato de cálcio (microestrutura) (JACK; PETERSON, 1992).

A Figura 1 mostra a representação esquemática dos fatores que afetam a textura e as propriedades funcionais do queijo.

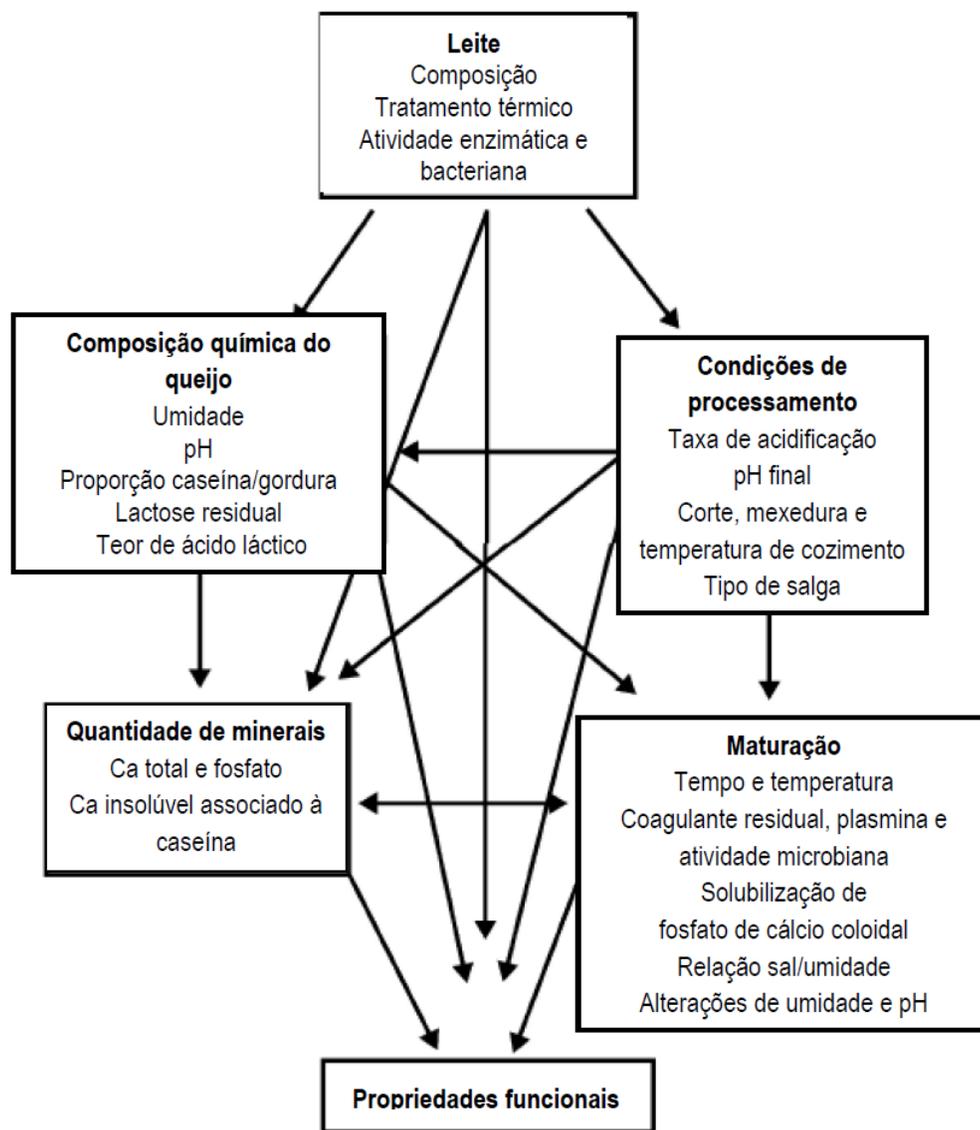


Figura 1. Interrelação entre os fatores que afetam a textura e propriedades funcionais (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003).

A composição química do leite, especialmente a concentração de caseína, gordura, cálcio e pH, exerce grande influência nos procedimentos de manufatura, principalmente na etapas de coagulação e sinerese da coalhada, determinando a composição final do queijo (FOX; COGAN, 2004). O perfil dos constituintes do leite pode ser influenciado por muitos fatores como sazonalidade, raça, espécie, condição nutricional, saúde, manejo, e estágio de lactação do animal (Fox *et al.*,

2000). A padronização do leite, através do ajuste da relação caseína/gordura, resulta em queijos com composição química definida e em concordância com os padrões de identidade e qualidade para cada variedade de queijo (FARKEY, 2004).

A fabricação do queijo é essencialmente um processo de desidratação onde a caseína e a gordura do leite são concentradas de 6 a 12 vezes. As micelas de caseína, que antes estavam dispersas em um sistema coloidal, são desestabilizadas após a adição do coagulante e unem-se formando agregados de caseínas que se fundem para formar uma rede protéica tridimensional onde a gordura, umidade, sólidos solúveis (proteínas do soro, glicomacropéptídeos, lactato, peptídeos e aminoácidos), microorganismos e enzimas ficam oclusos formando um gel ou coalhada. (FOX; LUCEY; COGAN, 1990; MCMAHON; OBERG, 1998).

A integridade da matriz protéica é mantida pelas várias ligações eletrostáticas (inter e intramoleculares) e atrações hidrofóbicas entre os grupos aminoácidos das caseínas e o cálcio coloidal (insolúvel), que está associado à matriz da caseína (GUINEE, 2003). O cálcio micelar favorece a formação da rede protéica, atuando como agente de formação das ligações cruzadas, resultado de rearranjo micelar que leva à ruptura dos cordões de agregados, que se tornam mais curtos e espessos, resultando em uma estrutura protéica mais fortalecida (LUCEY; FOX, 1993).

A extensão e o grau de agregação da matriz de para-caseína são afetados pelo volume da fração caseínica e pelo teor de cálcio coloidal, determinando a estrutura e a textura do queijo (LAWRENCE *et al.*, 1983). O decréscimo de pH diminui a concentração de cálcio coloidal, devido à sua dissociação da micela e solubilização na fase aquosa (GUINEE *et al.*, 2000; GE *et al.*, 2002). Um pH elevado e, portanto, maior teor de cálcio coloidal, promove fortes interações entre as proteínas, possivelmente por pontes de cálcio e neutralização das cargas. Isso, acarreta maior contração da matriz protéica e mais soro é expulso, resultando em uma matriz de caseína menos hidratada. A menor hidratação da rede protéica e maior interação proteína-proteína resultam em um

queijo mais duro, mais elástico e com menor capacidade de derretimento (PASTORINO *et al.*, 2003).

A gordura promove um impedimento físico na contração da matriz. Os glóbulos de gordura, enquanto o queijo está ainda morno, podem apresentar um formato distorcido, mas com o resfriamento, os glóbulos solidificam e atuam como molde da matriz protéica. Um teor de gordura da massa muito elevado resulta em um queijo com alto teor de umidade, mais macio, e com derretimento e liberação de óleo livre excessivos (ROWNEY *et al.*, 1999; TUNICK *et al.*, 1991). O ajuste da relação caseína/gordura é o fator que determina o teor de gordura em base seca presente no queijo, influenciando diretamente a sinérese da coalhada e a retenção de umidade do queijo (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

A retenção de umidade no queijo também é dependente dos procedimentos de manufatura após a coagulação, como tamanho do corte do coágulo, temperatura de cozimento da massa, intensidade da mexedura, pH e prensagem (FOX; COGAN, 2004).

A extensão da sinérese (expulsão do soro) é proporcional ao aumento do corte dos grãos, agitação e temperatura de cozimento da massa (KINDSTEDT, 1992). Com o aumento da intensidade de corte, ocorre um aumento da área superficial da coalhada, facilitando a expulsão do soro. A elevação da temperatura de cozimento e uma mexedura vigorosa da massa fortalecem as forças de interações hidrofóbicas entre as proteínas, levando a uma maior contração da matriz protéica e conseqüente expulsão do soro (GUNASEKARAN; AK, 2003).

Variações no teor de umidade interferem na textura e funcionalidade, especialmente na capacidade de derretimento do queijo (TUNICK *et al.*, 1991). Em queijos mussarela, Rowney *et al.* (1999) verificou que o aumento de 47% para 52% de umidade resultou em queijos de textura mais macia e com aumento significativo na capacidade de derretimento.

A reologia, textura e as propriedades funcionais dos queijos também são influenciadas pela concentração de sal ou relação sal/umidade. O sal em queijos tem três funções principais: atuar como conservante, contribuir diretamente no sabor e ser uma fonte de sódio. O sal é o maior determinante da atividade de água

no queijo e desta maneira, exerce controle sobre o crescimento microbiano, atividade enzimática, mudanças bioquímicas durante a maturação e desenvolvimento de aroma e sabor no queijo, fatores que influenciam a qualidade do queijo (GUINEE; FOX, 2004).

Há uma relação inversa entre os teores de umidade e sal no queijo. Para as variedades de queijos onde a salga é efetuada na massa, como Cheddar, Cottage e Queijo de Coalho, a extensão da sinérese da coalhada está diretamente relacionada com a quantidade de sal adicionada à massa. A quantidade de água perdida do coágulo para o soro é de 1,5 a 2,3 vezes maior que a quantidade de sal incorporado à massa (FOX *et al.*, 2000).

O sal, juntamente com o pH e o cálcio, exerce grande efeito na extensão da agregação e hidratação da matriz de caseína, que afeta a capacidade de retenção de água da proteína, a tendência à sinérese, as características reológicas e de textura e a capacidade de derretimento do queijo (GUINEE; FOX, 2004; PAULSON *et al.*, 1998).

O aumento na hidratação provocado pelo sal pode ser atribuído à troca iônica do sódio pelo cálcio, com conseqüente solubilização do fosfato de cálcio da matriz de para-caseína. O mecanismo é similar ao processo que ocorre pela adição de sais emulsificantes durante a manufatura de queijos processados. O sal promove interações proteína-água, fazendo com que a matriz fique mais hidratada, inchada e volumosa, e resultando numa estrutura mais homogênea e contínua (GUO e KINDSTEDT, 1996; GUO *et al.*, 1997; PAULSON *et al.*, 1998). A hidratação e o intumescimento dos agregados de proteínas provocam maior resistência à deformação durante a compressão e se observa um aumento na dureza do queijo (PASTORINO *et al.*, 2003).

No entanto, em elevadas concentrações de sal (relação sal/umidade (S/U) superior a 6,3%, Guinee e Fox (2004) verificaram que ocorreu um decréscimo na hidratação da matriz de caseína. Como conseqüência, o queijo apresentou uma textura excessivamente firme, devido à baixa hidratação da matriz protéica e proteólise menos intensa.

Os queijos de coalho comerciais avaliados por Perez (2005) apresentaram valores de pH de 5,81 a 6,64; relação sal/umidade (S/U) de 5,49 a 10,06 e, gordura em base seca (GBS) de 50,68 a 55,11%. Os queijos de coalho fabricados por Mamede (2009) apresentaram valores de pH de 6,62 a 6,66; relação sal/umidade (S/U) de 5,21 a 5,83 e, gordura em base seca (GBS) de 48,00 a 49,39%. Esses resultados podem ser considerados bastante elevados quando comparados a outras variedades de queijos como, por exemplo, o queijo mussarela, cujo pH está em torno de 5,2; S/U de 4,7 e GBS de 48,16% (PIZAIA *et al.*, 2003).

A composição, estrutura e funcionalidade do queijo de coalho é o resultado das práticas adotadas na fabricação do queijo como a não adição de fermento lácteo ou adição em pequena quantidade, elevada temperatura de cozimento da massa (50°C) e adição pronunciada de sal. Esses procedimentos resultam em massa mineralizada e elástica, que favorecem o não derretimento, principal requisito de qualidade esperado para o queijo de coalho.

O amolecimento inicial da textura dos queijos sempre foi atribuído à proteólise pela atividade residual do coalho na hidrólise da α_s1 -caseína. No entanto, estudos recentes (HASSAN; JOHNSON; LUCEY, 2004; O'MAHONY; LUCEY; McSWEENEY, 2005) demonstraram que o amolecimento inicial da dureza do queijo, durante os primeiros 21 dias da maturação ocorre mesmo na ausência da atividade residual do coalho, e atribuíram o amolecimento dos queijos à solubilização do fosfato de cálcio coloidal associado às partículas de caseína.

3.6 PROTEÓLISE

O desenvolvimento das propriedades funcionais do queijo, como derretimento e formação de óleo livre, ocorre em duas fases: a) durante a manufatura; b) durante o armazenamento através das alterações provocadas pela proteólise.

A proteólise é um dos principais e mais complexos eventos bioquímicos que ocorrem durante o processo de maturação com contribuição direta no desenvolvimento de sabor e alteração de textura em queijos maturados. A

hidrólise da proteína retida no coágulo (basicamente caseínas) resulta inicialmente em grandes peptídeos, posteriormente em pequenos peptídeos e finalmente em aminoácidos livres (McSWEENEY, 2004), sendo que os grandes peptídeos formados são normalmente insípidos ou amargos e não contribuem diretamente para o sabor típico do queijo. No entanto, a mistura de pequenos peptídeos e aminoácidos influencia diretamente o desenvolvimento de sabor (FARKYE, 2004).

A proteólise é comumente utilizada como índice de maturidade do queijo e envolvem a separação, quantificação e caracterização dos compostos nitrogenados (N) formados durante a maturação. Os compostos nitrogenados (N) podem ser separados em compostos solúveis e insolúveis, e quantificados analiticamente pelo método de Kjeldahl (FARKYE; FOX, 1990).

Os índices conhecidos como “extensão” e “profundidade” medem a intensidade da proteólise em queijos. A extensão da proteólise se refere à fração dos compostos nitrogenados solúveis (NS) acumulados durante o processo de degradação da proteína e que possuem alto peso molecular (peptídeos grandes), sendo caracterizado principalmente pela ação do coalho, como o responsável por grande parte desta fração. A determinação analítica se baseia na precipitação isoelétrica da caseína em pH 4,6 de uma amostra diluída de queijo, seguida pela quantificação de nitrogênio solúvel através do método de Kjeldahl, sendo expressa como porcentagem do nitrogênio total (NT) (equação 2) (DESMAZEAUD; GRIPON, 1977).

$$\text{Índice de extensão} = \frac{\text{NS} \times 100}{\text{NT}} \quad (2)$$

A profundidade da proteólise se refere às substâncias nitrogenadas de baixo peso molecular. Esta fração contém todos os aminoácidos livres, caracterizados principalmente pela ação das proteinases e peptidases do fermento láctico que agem sobre os peptídeos maiores formados pela ação do coalho e/ou plasmina. A quantificação pode ser feita através do teor de nitrogênio não protéico

(NNP) solúvel em ácido tricloroacético (TCA 12%) (equação 3) (O'KEEFEE; FOX; DALY, 1978; DESMAZEAUD; GRIPON, 1977).

$$\text{Índice de profundidade} = \frac{\text{NNP} \times 100}{\text{NT}} \quad (3)$$

Os principais agentes proteolíticos envolvidos no processo de proteólise são: coagulante residual; proteases naturais do leite; proteases e peptidases liberadas a partir da lise das células das bactérias ácido lácticas provenientes da cultura láctica; proteases e peptidases liberadas pelas bactérias ácido lácticas não provenientes da cultura láctica (contaminantes ou sobreviventes ao tratamento térmico aplicado) e pelas enzimas das bactérias provenientes do fermento secundário (FOX, 1989).

A Figura 2 mostra a representação esquemática dos agentes proteolíticos envolvidos na proteólise.

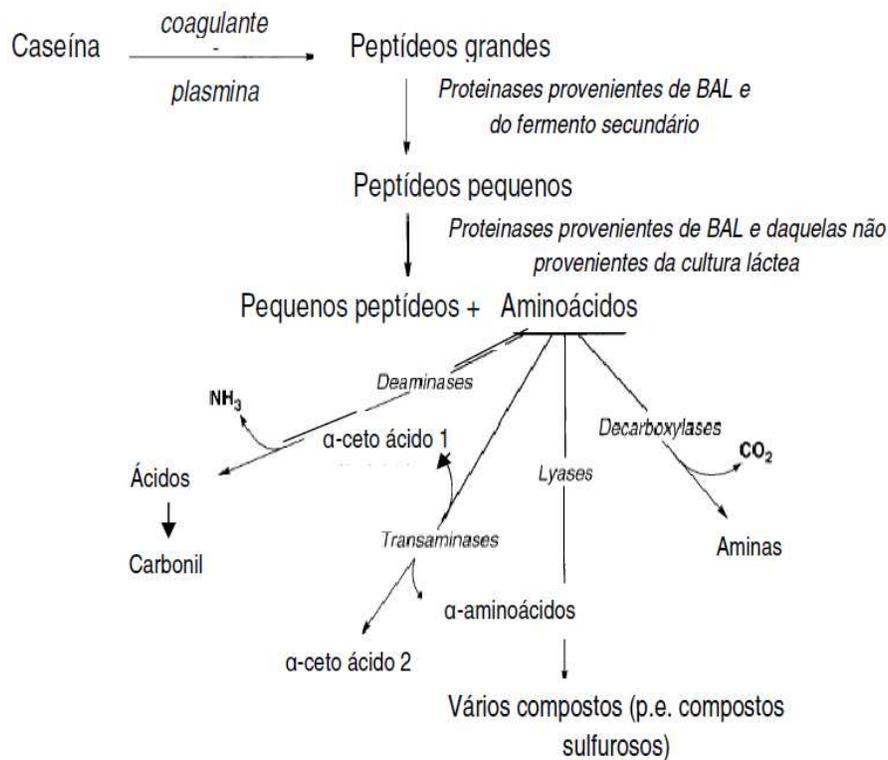


Figura 2. Proteólise e catabolismo de aminoácidos em queijos durante a maturação (McSWEENEY, 2004).

Durante os estágios primários da maturação, o coagulante residual retido na massa do queijo, hidrolisa a ligação Phe₂₃-Phe₂₄ da α_s1 -caseína formando α_s1 -1-caseína, levando ao amolecimento inicial da textura do queijo. No entanto, estudos recentes (O'MAHONY; LUCEY; McSWEENEY, 2005) demonstraram que a hidrólise da α_s1 -caseína pelo coagulante residual não foi pré-requisito para o amolecimento inicial do queijo Cheddar nos primeiros estágios da maturação. O amolecimento ocorreu mesmo na ausência da atividade residual do coalho e foi atribuído principalmente à solubilização do fosfato de cálcio coloidal associado à matriz de paracaseína do queijo. Portanto, o papel da proteólise na textura parece ser significativo somente para queijos com longo tempo de maturação ou armazenados por longo período de tempo.

A hidrólise primária (coagulante residual e plasmina) de queijos resulta na formação de peptídeos grandes que servirão de substratos para a atividade proteolítica de proteases provenientes dos micro-organismos levando a formação de peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres, que contribuem diretamente na formação de sabor e como precursores de outros compostos de sabor (LANE *et al.*, 1997; VICENTE *et al.*, 2002).

Variações nos fatores do processamento dos queijos podem determinar a atividade do coagulante residual, como o tipo de coagulante utilizado, a umidade final do queijo, e a temperatura de cozimento da massa. O aumento do tempo e da temperatura de cozimento pode resultar em desnaturação do coagulante, com perda de sua atividade e, nessas condições, a contribuição da plasmina na hidrólise da caseína é mais pronunciada (SOUSA; ARDÖ; McSWEENEY, 2001).

A plasmina é uma protease natural do leite, sendo secretada na forma de plasminogênio, sendo resistente ao tratamento térmico e sua atividade está diretamente relacionada à elevação de temperatura, por inativar os inibidores dos ativadores de plasminogênio (BENFELDT *et al.*, 1997). A enzima tem pH ótimo de atuação de ~ 7,5 e portanto, sua importância é mais pronunciada em variedades de queijos onde o pH é mais elevado (FOX, 1989). A plasmina está associada à micela da caseína e hidrolisa a β - e a α_{s2} - caseína. Em queijos, a β -caseína é a proteína mais hidrolisada, por possuir 3 ligações sensíveis: Lys28-Lys29, Lys105-

His106, Lys107-Glu108, gerando os peptídeos γ 1-caseína, γ 2-caseína, γ 3-caseína (BASTIAN; BROWN, 1996).

Em geral, o coagulante residual é o principal agente proteolítico para a maioria dos queijos fabricados por coagulação enzimática. No entanto, em queijos de coalho, devido ao elevado pH e alta temperatura de cozimento da massa, é provável que ocorra proteólise primária também por ação da plasmina.

Segundo Perez (2005), o queijo de coalho industrial apresenta extensão e profundidade de proteólise limitada, o que também foi verificado por Mamede (2009). Isso provavelmente se deve à inativação parcial do coagulante e inibição parcial ou total das enzimas do fermento láctico (quando adicionados), provocadas pelo tratamento térmico ocorrido durante o cozimento da massa (até 50°C) e práticas como salga na massa. Perez (2005) atribuiu à baixa capacidade de derretimento ao baixo nível de proteólise apresentados pelos queijos de coalho industriais. Nos queijos de coalho fabricados por Mamede (2009), os baixos índices de proteólise resultaram em poucas alterações na textura e funcionalidade do queijo de coalho ao longo do tempo de armazenamento, o que é altamente desejável para esse tipo de queijo que deve apresentar textura firme e baixo derretimento.

Perez (2005) verificou que os queijos de coalho comerciais apresentavam gosto amargo que se intensificava com o tempo de armazenamento refrigerado à 8°C ($p < 0,10$). O gosto amargo é resultado do acúmulo de peptídeos hidrofóbicos, formados durante a proteólise primária, por ação do coagulante residual sobre a β -caseína. O fenômeno pode ser temporário, ou seja, o gosto amargo desaparece com o tempo, quando há atuação das enzimas do fermento láctico ou da flora secundária (AGBOOLA *et al.*, 2004)

O gosto amargo foi o defeito mais proeminente apontado pelos provadores durante a análise sensorial realizada durante o período de armazenamento dos queijos comerciais (PEREZ, 2005). É de se supor que a causa para o aparecimento do gosto amargo e sua permanência e aumento com o tempo de armazenamento seja devido a pouca ou nenhuma atuação do fermento láctico. De acordo com Perez (2005), é provável que isso se deva a inativação do fermento

lático (quando este foi utilizado) durante as etapas de cozimento à temperatura elevada, e/ou salga na massa em altas concentrações, o que resultou em queijos com relação sal/umidade > 5%, que segundo O' Connor (1974) inibe quase totalmente a produção de ácido lático pelo fermento lático mesofílico acidificante.

3.7 TEXTURA

Textura é definida como a composição dos elementos estruturais do alimento e a maneira como são fisiologicamente percebidos pelos sentidos no momento da mastigação do alimento. O termo textura é aplicado somente para sólidos, enquanto consistência ou corpo é aplicado para mistura de fluídos e sólidos (SZCZESNIAK; BRANDT; FRIEDMAN, 1963).

Em termos físicos, o queijo é um material viscoelástico e todas as características de textura são combinações de medidas reológicas e de propriedades mecânicas (fratura) (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003). As propriedades mecânicas são organolepticamente medidas pela pressão exercida pela língua e dentes no alimento durante o processo de mastigação (FOX *et al.*, 2000).

Quando a textura é medida, quantificada e descrita pela análise sensorial (subjéitiva) através de julgadores treinados, envolve tempo substancial, dispêndio de dinheiro, e freqüentemente, baixa reprodutibilidade (SZCZESNIAK, 1987). Os métodos instrumentais (objetivos) são mais fáceis de realizar, padronizar e reproduzir, e fornecem ótimos resultados quando correlacionados com os parâmetros sensoriais de textura (SZCZESNIAK; BRANDT; FRIEDMAN, 1963).

No estudo de textura instrumental, a determinação do perfil de textura (TPA – Texture Profile Analysis) pode ser realizada por ensaios em um texturômetro. O teste mede as características mecânicas manifestadas pela reação do alimento a uma força que simula a compressão do alimento entre os dentes molares durante a mastigação (FOX *et al.*, 2000). Nesta avaliação, a amostra deve ser submetida a dois ciclos de compressão. Através da curva resultante, os seguintes parâmetros podem ser determinados (VAN VLIET, 1991).

Dureza TPA (*TPA hardness*): é a força necessária para atingir uma dada deformação.

Coesividade TPA (*TPA cohesiveness*): é a força necessária para que o dispositivo usado na compressão se descole da amostra.

Elasticidade TPA (*TPA springiness*): é a velocidade com que um material deformado volta à sua condição original após ser retirada a força deformante.

Adesividade TPA (*TPA adhesiveness*): é a quantidade de força requerida para simular o trabalho necessário que sobreponha as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície em contato com este.

Mastigabilidade TPA (*TPA chewiness*): é a energia requerida para mastigar um sólido até o ponto de ser engolido.

Gomosidade TPA (*TPA gumminess*): é a energia requerida para se desintegrar um alimento semi-sólido a ponto de ser engolido.

Os queijos de coalho industriais analisados sensorialmente por Perez (2005) mostraram que as características que influenciaram negativamente na aceitação do queijo de coalho em relação à textura foram “duro” e “borrachento”. Queijos que apresentaram textura macia, casca crocante, e massa firme e elástica obtiveram a maior preferência pelos consumidores de queijos de coalho no município de Campinas, S.P. (PEREZ, 2005; MAMEDE 2009).

A textura dos queijos de coalho fabricados por Mamede (2009), com diferentes temperaturas de cozimento da massa, foi avaliada através do perfil de textura instrumental (TPA). O teste revelou que quando os queijos foram fabricados com elevada temperatura de cozimento da massa resultou em um aumento significativo da dureza dos queijos, o que foi atribuído ao impacto da temperatura de cozimento sobre a umidade do queijo. Os queijos fabricados com elevadas temperaturas de cozimento (50°C) apresentaram menor teor de umidade e maior porcentagem de proteína total e, como consequência, maior dureza. De acordo com Gunasekaran e Ak (2003), o aumento da temperatura de cozimento da massa resulta em maior liberação de soro e em ligações hidrofóbicas mais

extensas e maior interação entre as proteínas, contribuindo para aumentar a dureza do queijo. Mamede (2009) também verificou que a dureza e a mastigabilidade do queijo se mantiveram constantes ao longo do tempo de armazenamento, o que foi atribuído à proteólise limitada. Independente da temperatura de cozimento, todos os queijos mantiveram-se firmes, coesos e com a textura “borrachenta” característica, ao longo dos 90 dias de armazenamento.

3.8 REOLOGIA

O queijo é considerado um material viscoelástico pois, durante e após a deformação, parte da energia mecânica aplicada é armazenada (parte elástica) e parte é perdida (parte viscosa) (LUCY; JOHNSON; HORNE, 2003).

Para a maioria dos materiais viscoelásticos, a proporção entre a energia armazenada e perdida, é dependente do tempo e da magnitude da força aplicada. As ligações entre os elementos estruturais do alimento irão ocasionalmente se quebrar ou reorganizar, o que explica a dependência do tempo no comportamento reológico do produto (LUCY; JOHNSON; HORNE, 2003)

As propriedades reológicas do queijo são determinadas a partir da aplicação de uma pressão ou tensão. Estas propriedades incluem características intrínsecas como elasticidade, viscosidade e viscoelasticidade, e estão diretamente relacionadas à composição, microestrutura, força das interações dos elementos da matriz do queijo e macroestrutura (olhaduras) (FOX *et al.*, 2000).

A força aplicada por unidade de área de um material sólido é chamada de tensão (σ ou τ). Se a atuação da força for perpendicular à superfície, a tensão é dita normal (σ). A deformação resultante é definida como deformação normal (ϵ) e corresponde ao módulo de elasticidade ou módulo de Young (E), que pode ser expresso como apresentado na equação 4 (RAO, 1992):

$$E = \sigma/\epsilon \quad (4)$$

Se a força atua paralelamente à superfície do material, é chamada de tensão de cisalhamento (τ) e a deformação resultante é designada deformação de

cisalhamento (γ), que corresponde ao módulo de rigidez (G). Este pode ser expresso como apresentado na equação 5 (RAO, 1992):

$$G = \tau/\gamma \quad (5)$$

Se o material é perfeitamente elástico, a magnitude da deformação é proporcional à magnitude da força aplicada, independentemente do tempo, ou seja, os módulos E e G são constantes. A curva tensão-deformação é sempre linear. Um material idealmente elástico deforma-se sob a aplicação de uma força e depois retorna à posição inicial quando a força é removida (FOX *et al.*, 2000).

No caso de um fluido viscoso ideal (Newtoniano), a tensão de cisalhamento (τ) é proporcional à taxa de deformação ($d\gamma/dt$). A constante de proporcionalidade é conhecida como coeficiente de viscosidade (η) e é definida como apresenta a equação 6:

$$\eta = \tau/(d\gamma/dt) \quad (6)$$

As propriedades reológicas do queijo podem ser avaliadas através dos testes de compressão uniaxial e creep.

No teste de compressão uniaxial, a tensão aplicada é suficientemente grande para causar a fratura do material e podem ser obtidas propriedades como módulo de elasticidade (E), tensão de ruptura (σ_{rup}), deformação de ruptura (ε_{Hrup}), tensão máxima ($\sigma_{máx}$).

No teste de creep, a amostra é submetida a uma pressão constante e suficientemente pequena para não fraturar o material e, a deformação é monitorada em função do tempo (RAO, 1992). O creep pode ser expresso em termos de pressão ou compliância. A compliância (J) pode ser definida como a variação de uma deformação causada pela aplicação de uma força constante e pode ocorrer da forma elástica ou viscoelástica. A extensão e a duração do comportamento elástico depende da magnitude da força aplicada e das características de composição e estruturais da matriz do queijo. O comportamento viscoelástico é percebido quando a força aplicada leva à quebra entre os elementos estruturais do queijo e ele flui. A compliância é referida elástica (J_0)

quando a recuperação da deformação devida a aplicação de uma força é completamente reversível e, a compliância é referida elástica retardada (J_1) quando a recuperação do componente elástico é demorada após a remoção da força aplicada. (FOX *et al.*, 2000; FOX *et al.*, 2004) . A viscosidade newtoniana (η) pode ser considerada como uma medida da maciez dos queijos (CUNHA, 2002).

Quando a linearidade entre a deformação e a tensão aplicada é perdida tem-se a *deformação crítica*, que para a maioria dos alimentos, inclusive queijos, é relativamente pequena (0,02-0,05). Abaixo desse ponto, as propriedades reológicas de materiais viscoelásticos são dependentes do tempo. Existem três regiões características na curva de creep, onde a compliância de creep (J , Pa⁻¹) é a razão entre a deformação e a tensão constante aplicada:

1. Deformação elástica, onde a deformação é instantânea e completamente reversível (compliância *elástica*, J_0);
2. Deformação viscoelástica, onde a deformação é parcialmente elástica e parcialmente viscosa (compliância *elástica retardada*, J_R), e a componente elástica recupera-se lentamente sob remoção da tensão;
3. Deformação viscosa, onde a deformação aumenta linearmente com o tempo e é permanente; a deformação não é recuperada (compliância *newtoniana*, J_N) (FOX *et al.*, 2000).

O comportamento reológico dos queijos de coalho artesanais e industriais até o momento ainda não foi encontrado na literatura.

3.9 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

3.9.1 Capacidade de derretimento

O derretimento é uma propriedade funcional que o queijo apresenta quando submetido ao aquecimento, que deve ser avaliada sob dois aspectos: a) facilidade do queijo em derreter ou fluir; b) extensão do derretimento (PARK *et al.*, 1984). O

queijo começa a derreter quando a sua estrutura, durante o aquecimento, não consegue suportar seu próprio peso e começa a se deformar e fluir pela ação da gravidade (RUDAN;BARBANO, 1998).

Do ponto de vista físico, o produto começa a derreter quando passa do estado sólido para o estado “quase” líquido. A gordura do leite é composta por diferentes triglicerídeos com pontos de fusão diferentes, sendo que a 40°C toda a gordura do leite está completamente líquida (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003). As proteínas do queijo não derretem; no entanto, as interações que mantêm a estrutura da matriz são afetadas pela elevação da temperatura. O derretimento do queijo é primeiramente determinado pela quantidade e força das interações proteína-proteína (PARK *et al.*, 1984).

As interações hidrofóbicas tornam-se fortalecidas, enquanto que, pontes de hidrogênio, forças eletrostáticas e de van der Waals tornam-se enfraquecidas com o aquecimento. Durante o aquecimento do queijo, as interações que mantêm a estrutura da matriz são afetadas pela elevação de temperatura, sendo que, entre 60° - 80°C ocorre a desnaturação de algumas proteínas, com interrupção de suas interações. Como conseqüência, a estrutura do queijo se deforma, com conseqüente derretimento e fluidez do queijo (PAULSON *et al.*, 1998).

Os fatores que afetam a capacidade de derretimento podem ser atribuídos à composição do queijo (teores de gordura, proteína, umidade, sal, pH e cálcio), microestrutura e pelas modificações ocorridas durante a proteólise (McMAHON;OBERG, 1998; WANG; SUN, 2002). Em geral, aumento do teor de gordura e umidade e a diminuição da proteína e sal resultam num aumento da capacidade de derretimento do queijo (GUINEE *et al.*, 2002). Como a principal forma de consumo do queijo de coalho é grelhada, possuir baixa capacidade de derretimento e permanecer com seu formato original (sem escoar pela grelha) durante o tempo de grelhagem é o principal requisito de qualidade esperado pelo consumidor e determinante na compra do produto.

No estudo realizado por Perez (2005), foi verificado que todas as marcas comerciais avaliadas apresentaram valores de pH entre 5,8 a 6,64 e baixa capacidade de derretimento. O aumento de pH aumenta a proporção de cálcio

coloidal e o queijo apresenta menor capacidade de derretimento. Esta foi uma das razões atribuídas ao fato dos queijos não apresentarem diferenças significativas na capacidade de derretimento ($p < 0,05$).

3.9.2 Óleo livre

A formação do óleo livre é a separação da gordura líquida pela superfície do queijo quando o queijo é aquecido. A quantidade de gordura é a maior determinante na formação de óleo livre, pois durante o derretimento, os glóbulos de gordura coalescem e fluem por entre a matriz protéica. A tendência do glóbulo de gordura se separar como óleo livre depende de como a gordura está emulsificada na rede protéica (KINDSTEDT, 1993).

O excesso de separação de óleo livre pode ser considerado como um defeito na aparência do queijo derretido (KINDSTEDT; RIPPE, 1990). Durante a ocorrência de proteólise, a matriz de caseína torna-se mais enfraquecida, e é verificado um aumento na separação de óleo livre, provavelmente associado à pequena capacidade da matriz de caseína em conter fisicamente a gordura durante o aquecimento (OBERG *et al.*, 1993).

O efeito do aumento da concentração de sal na diminuição de liberação de óleo livre tem sido atribuído à substituição do cálcio pelo sódio na ligação com a caseína. Quando o cálcio é removido da micela, pela troca iônica com o sódio, as caseínas agem como emulsificantes, favorecendo uma maior emulsificação da gordura, com conseqüente diminuição na liberação de óleo livre (KINDSTEDT, 1987), conforme mostra a Figura 3.

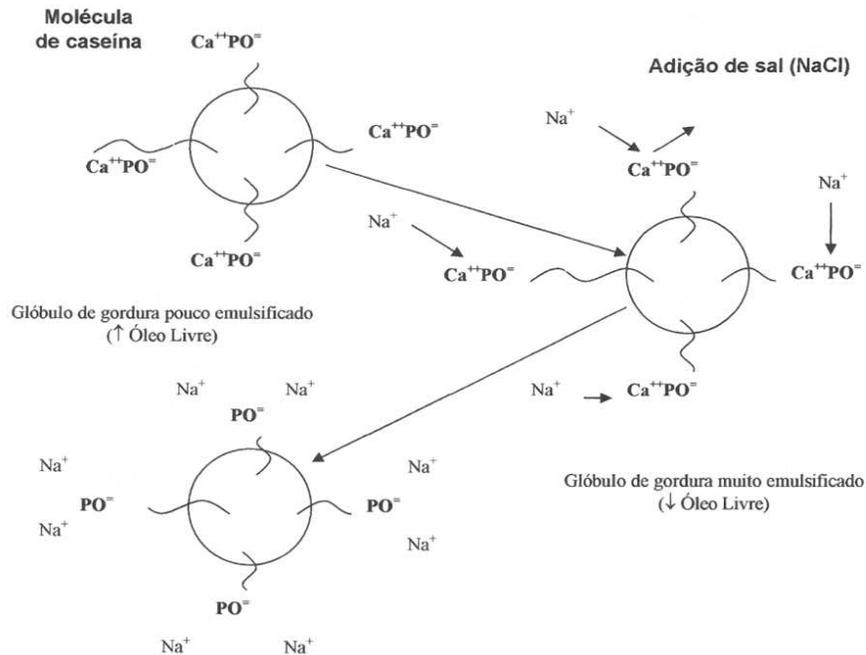


Figura 3. Modelo proposto para mostrar o mecanismo de ação do NaCl na formação de óleo livre, através da troca iônica de sódio por cálcio ligado à caseína (KINDSTEDT, 1987).

Segundo Kindsted (1993), o teor de gordura, a proteólise e a capacidade emulsificante da caseína determinam a quantidade de óleo livre liberada de um queijo durante o aquecimento. Os queijos de coalho industriais avaliados por Perez (2005) apresentaram diferenças significativas na formação de óleo livre. A variação na formação de óleo livre das diferentes marcas de queijo foi atribuída à variação na proteólise e no teor de cálcio dos queijos. Quanto maior o teor de cálcio do queijo, menor foi a liberação de óleo livre.

O tempo de armazenamento refrigerado não exerceu influência significativa na liberação de óleo livre dos queijos de coalho (PEREZ, 2005; MAMEDE, 2009) possivelmente devido ao baixo índice de proteólise e alto teor de cálcio micelar. O resultado foi considerado bastante satisfatório e desejável pelo fato do queijo de coalho ser consumido preferencialmente na forma grelhada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Fabricação do queijo

Leite cru refrigerado, aproximadamente 300L por dia de fabricação, foi recebido, proveniente de cooperativas da região de Campinas. O leite foi dividido em três partes de 100 litros cada, pesados, armazenados em tanques. Uma amostra do leite foi retirada para determinação do teor de gordura, pelo método de Gerber (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985), e de caseína, pelo método do formol (LOURENÇO; POMBO, 1982). Para a padronização da relação CN/G desejada, foi utilizado leite desnatado pasteurizado ou creme de leite pasteurizado comercial. Posteriormente, o teor de caseína e gordura do leite foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC 991.21,1995) e por Mojonnier (AOAC 989.05, 1995), respectivamente. Após a padronização, o leite foi pasteurizado a 63°C/30 min., em tanque pasteurizador elétrico, automático, inox, modelo Mixmatic 110, capacidade 110L, Inadal, com controle de agitação, temperatura de aquecimento e de resfriamento e, resfriados a 7°C, colocados em latões de 50L e levados à câmara fria à temperatura inferior a 5°C, durante a noite. No dia seguinte, três bateladas de queijo foram fabricadas com diferentes relações de CN/G do leite (0,61; 0,65; 0,75; 0,85;0,89) e temperaturas de cozimento da massa (43°C; 45°C; 50°C; 55°C; 57°C). A ordem de fabricação e os tratamentos realizados foram previamente aleatorizados. O leite foi transferido para um tanque de queijo automático (Biosinox, Lambari, MG, Brasil) com capacidade para 150L, composto de lira para corte e agitação ajustável. O leite foi inicialmente aquecido a 25°C quando então, foi adicionado o ácido láctico (Chemco Ind. Com. Ltda., Campinas, SP, Brasil), 25mL/100L, diluído em 10 partes de água. Continuou-se o aquecimento até 32°C, e então, foi adicionado cloreto de cálcio 50% (Chemco Ind. Com. Ltda., Campinas, SP, Brasil), 25ml/100L. Para a coagulação do leite foi utilizado coalho bovino em pó (HA-LA, Chr. Hansen, Valinhos, SP, Brasil), diluído em 20 partes de água, em quantidade suficiente para coagular 100 Kg de leite em 35 minutos. Após a verificação do ponto de corte, o gel foi cortado durante 7 minutos, o que resultou em cubos com aproximadamente 0,5 cm de aresta. O

tratamento da massa foi efetuado através de aquecimento indireto, com elevação de 1°C a cada 3 minutos, até se alcançar a temperatura de cozimento estabelecida. A dessoragem parcial foi realizada com a retirada de soro, na quantidade padronizada em 86% em relação ao volume de leite utilizado na fabricação. A salga na massa foi realizada com 2,7% de sal em relação ao volume de leite, com agitação de 1 minuto para incorporação do sal. A dessoragem total foi efetuada e a massa, colocada em formas retangulares de 1 kg, e levada para a prensa vertical pneumática (Inoxmilk, Lambari, MG, Brasil). A prensagem foi realizada em duas etapas: a primeira, após 30 minutos com pressão de 1,5 Kgf/cm², e a segunda, por mais 90 minutos com pressão de 3,0 Kgf/cm²; Durante a prensagem, os queijos foram virados na forma e mudados de posição na prensa. Os queijos foram então armazenados a 10°C, durante 24 hs, para secagem, e após esse período, pesados e embalados a vácuo, em sacos plásticos termoencolhíveis à vácuo (Cryovac®, São Paulo, SP, Brasil). Os queijos foram então armazenados e mantidos a 4°C, durante 90 dias. Todo o soro retirado foi homogeneizado e pesado para efeito dos cálculos de rendimento.

4. 2 Amostragem do queijo

Os queijos foram escolhidos aleatoriamente. Para a determinação da composição química, fatias de aproximadamente 0,5 cm foram removidas das laterais e das partes superior e inferior do queijo, sendo o queijo cortado em cubos e triturado em multiprocessador, até obtenção de partículas de 2-3 mm. O material, assim obtido, foi homogeneizado manualmente e acondicionado em frascos de vidro. As amostras foram mantidas sob refrigeração (4°C) até o momento das análises. Aos 20, 40, 60, e 90 dias de armazenamento refrigerado, os queijos previamente aleatorizados foram submetidos ao mesmo procedimento de amostragem e preparação das amostras para a avaliação de pH e acidez titulável, diacetil, proteólise (teor de nitrogênio solúvel em pH 4,6 e em 12% TCA), e propriedades funcionais (formação de óleo livre e cor após o derretimento). Para a avaliação da capacidade de derretimento, foi retirado um cilindro da parte central

do queijo com o auxílio de uma sonda de aço inox de 36 mm de diâmetro interno. O cilindro foi fracionado transversalmente com um fatiador de ovo modificado para obter cilindros de 7 mm de altura. A avaliação foi feita em sextuplicada. A medida da cor do queijo não derretido foi avaliada na face central da peça, em sextuplicata. Para as análises de perfil de textura instrumental (TPA) e propriedades reológicas (compressão uniaxial e creep) dos queijos, foram retirados seis cilindros de 24 mm de altura por 20 mm de diâmetro de cada queijo, não sendo utilizados o centro e as bordas.

4.3 Composição química: leite, soro e queijo.

Leite e soro foram analisados quanto aos teores de: extrato seco total, pelo método gravimétrico em estufa de circulação forçada, a 100^oC por 24 horas, em quadruplicata, segundo o método da AOAC 925.23 (1995); teor de gordura, pelo método de extração etérea de Mojonnier (AOAC 989.05, 1995); proteína total pela determinação de nitrogênio total, usando o método de Kjeldahl, de acordo com AOAC 991.21 (1995); acidez titulável, pelo método descrito na AOAC 947.05 (1995). O leite também foi analisado quanto ao teor de nitrogênio não caseíco, pela metodologia descrita por ASCHAFFENBURG; DREWRY (1959), seguida do método de Kjeldahl, de acordo com AOAC 991.21 (1995) e nitrogênio não protéico (TCA 12%), usando metodologia desenvolvida por ROWLAND (1938), seguida do método de Kjeldahl de acordo com AOAC 991.21 (1995). Também foi verificado o valor de pH, pelo método potenciométrico.

Os queijos foram analisados quanto aos teores de: gordura, pelo método de extração etérea de Mojonnier (AOAC 989.05); sal, pelo método de Volhard (IDF, 1979); extrato seco total, por método gravimétrico, em estufa de circulação forçada, a 100^oC por 24 horas, segundo o método da AOAC 925.23 (1995); teores de nitrogênio total (IDF, 1962), nitrogênio solúvel a pH 4,6 (BARBANO; FLEMING; LYNC, 1991) e nitrogênio solúvel em TCA 12% foram determinados pelo método de Kjeldahl e as porcentagens multiplicadas por 6,38 para dar o equivalente em proteína, conforme descrito na AOAC 991.20 (1995). Todas as análises químicas

forma realizadas em triplicata, exceto as de umidade, que foram realizadas em quadruplicata.

4.4. Cálculos de recuperação de gordura e proteína

O cálculo da porcentagem de recuperação (%R) de gordura e proteína foi realizado de acordo com a equação (7) abaixo:

$$\%R \text{ do componente na amostra} = \frac{\text{massa amostra}^1 \times \% \text{componente}^* \text{ amostra}^1}{\text{massa leite} \times \% \text{componente}^* \text{ leite}} \quad (7)$$

Sendo:

amostra¹ = soro ou o queijo e, componente* = gordura ou proteína.

A recuperação total (RT) de gordura ou proteína foi calculada de acordo com a equação (8), abaixo:

$$RT = \%R \text{ componente}^* \text{ soro} + \%R \text{ componente}^* \text{ queijo} \quad (8)$$

componente* = gordura ou proteína.

A recuperação total dificilmente é igual a 100% devido ao acúmulo dos erros experimentais, tanto das determinações de gordura e proteína, quanto das medidas de peso. Para neutralizar pequenas diferenças ocorridas de um tanque para outro, foram calculadas também as porcentagens relativas de recuperação de gordura e proteína no soro e queijo, padronizando os valores para 100% (recuperação corrigida).

4.5 Cálculos de rendimento:

O rendimento de fabricação dos queijos foi calculado de acordo com a equação 9:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{peso de queijo após embalagem (kg)}}{\text{peso de leite (Kg)}} \quad (9)$$

Como há variações nos teores de umidade e sal dos queijos, foi calculado o rendimento ajustado (RAJ) (equação 10) para efeito de comparação dos queijos, como descrito por LAU *et al.*, 1990. Foram considerados como teor desejado de sal, 2,7%, e a umidade desejada foi 42%.

$$\text{RAJ} = \frac{(\text{rendimento}) [100 - (\% \text{umidade real} + \% \text{sal real})]}{100 - (\% \text{umidade desejada} + \% \text{sal desejada})} \quad (10)$$

4.6 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

4.6.1 Avaliação do pH e acidez titulável

Aos dias 20, 40, 60 e 90 do armazenamento refrigerado a 4°C, os queijos foram avaliados quanto ao pH e a acidez titulável. A determinação do pH foi realizada em triplicata, utilizando o método potenciométrico, em pHmetro (Micronal, Modelo B375), conforme AOAC 935.17 (1995). A determinação de acidez titulável dos queijos foi realizada em triplicata, conforme Richardson (1985).

4.6.2 Avaliação da proteólise

A proteólise dos queijos foi monitorada nos dias 20, 40, 60 e 90 do armazenamento refrigerado (4°C). Os teores de nitrogênio solúvel em tampão de acetato a pH 4,6 e em ácido tricloroacético (TCA) 12%, foram determinados para medir a extensão e a profundidade da proteólise, respectivamente, ocorrida

durante o armazenamento refrigerado. A preparação das amostras foi realizada de acordo com BYNUM e BARBANO (1985), e realizada em triplicata. Os teores de nitrogênio solúvel foram determinados por macro Kjeldahl, conforme AOAC 991.20 (1995), e convertidos em proteína solúvel multiplicando-se pelo fator de conversão (N x 6,38). Os resultados foram expressos como percentagem dos teores de proteína total do queijo, conforme as equações (11) e (12) para extensão e profundidade da proteólise, respectivamente.

$$\text{Extensão da proteólise} = \frac{(\% \text{ nitrogênio solúvel a pH 4,6}) \times 100}{\% \text{ nitrogênio total}} \quad (11)$$

$$\text{Profundidade da proteólise} = \frac{(\% \text{ nitrogênio solúvel em TCA 12\%}) \times 100}{\% \text{ nitrogênio total}} \quad (12)$$

4.6.3 Determinação do teor de diacetil / acetoína

O teor de diacetil / acetoína foi determinado por colorimetria, conforme descrito em IDF 149A (1997). O método é baseado na precipitação da gordura e da proteína com tungstato de sódio e ácido sulfúrico, e na reação do filtrado com creatina e alfa-naftol. A absorbância foi medida a 525 nm, sendo o resultado expresso em mg de diacetil / acetoína por kg de queijo.

4.6.4 Avaliação da textura e propriedades reológicas.

As análises de perfil de textura instrumental (TPA) e propriedades reológicas dos queijos foram realizadas nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado. Para o preparo das amostras, foram retirados seis cilindros de 24 mm de altura por 20 mm de diâmetro de cada queijo, não sendo utilizados o centro e as bordas. Os cilindros foram então embalados individualmente em filme de PVC, acondicionados em sacos plásticos resistentes à penetração de líquido e mantidos em banho de água gelada a

10°C, por pelo menos 1h e 30 min antes do início dos testes. Durante os ensaios, as amostras foram comprimidas por uma placa de alumínio de 35 mm de diâmetro.

4.6.4.1 Análise do perfil de textura instrumental (TPA)

A textura foi determinada instrumentalmente, em sextuplicata, pela análise do perfil de textura (TPA - Texture Profile Analysis) utilizando-se o texturômetro TA-XT₂ (Stable Micro Systems). O equipamento foi operado pelo programa Texture Expert ®. As condições utilizadas foram: a) velocidade pré-teste = 1,0 mm/seg; b) Velocidade do teste = 1,0 mm/seg; c) Velocidade pós-teste = 1,0 mm/seg; d) A distância que o dispositivo comprimirá a amostra foi de 9,6 mm, equivalente a 40% de compressão; e) Força de contato = 5,0g; f) O dispositivo utilizado foi um cilindro metálico com 35 mm de diâmetro (SMS P/35). Os parâmetros medidos foram: dureza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade.

4.6.4.2 Análises reológicas dos queijos

O comportamento reológico dos queijos foi avaliado através do teste de compressão uniaxial e creep. As análises foram realizada em um texturômetro TA-XT₂, (Stable Micro Systems), ajustado com uma célula de carga de 50Kg.

4.6.4.2.1 Compressão uniaxial

No teste de compressão uniaxial, as amostras dos queijos foram comprimidas até 85% de sua altura com uma velocidade de compressão de 1 mm/s.

A partir dos dados obtidos de força e distância, foi calculada a deformação de Hencky (ε_H) através da equação 13:

$$\varepsilon_H = -\ln\left(\frac{H_0 - v \times t}{H_0}\right) \quad (13)$$

onde, H_0 é a altura da amostra antes da deformação, v é a taxa linear de compressão e t é o tempo contado a partir do contato entre a placa superior e a amostra.

Assumindo deformação cilíndrica e volume constante, a tensão (σ) foi calculada pela equação 14:

$$\sigma = \frac{F(t)}{A_0} \times \frac{H(t)}{H_0} \quad (14)$$

onde, A_0 é a área inicial da amostra e $F(t)$ e $H(t)$ são a força e a altura da amostra no tempo t .

Através dos valores de σ e ε_H calculados, foi construída a curva tensão-deformação, a partir da qual foram determinadas as propriedades mecânicas dos queijos: tensão na ruptura (σ_{rup}) foi determinada como a tensão no primeiro ponto de máximo da curva σ - ε_H e a deformação de ruptura (ε_{rup}) como a correspondente deformação. O módulo de elasticidade (E) foi determinado como o coeficiente linear da parte inicial da curva, quando esta apresenta comportamento linear. A tensão máxima ($\sigma_{máx}$) foi determinada como a tensão no ponto em que a amostra foi comprimida a 85% de sua altura.

4.6.4.2.2 Creep

Os testes de creep foram realizados aplicando-se à amostra uma força constante de 0,75N durante 180s. Após esse tempo, a força foi retirada e a recuperação da amostra foi medida por mais 180s. Os resultados foram expressos em termos da proporção entre a deformação medida e a tensão aplicada (compliância). As curvas de creep (compliância (Pa^{-1}) vs tempo (s)) foram ajustadas a um modelo consistindo de dois elementos de Kelvin conectados em série a um elemento elástico e a um elemento de Maxwell, representado pela equação:

$J(t) = J_0 + J_1 (1 - e^{-t/\tau_1}) + J_2 (1 - e^{-t/\tau_2}) + t/\eta$, onde J_0 é a compliância instantânea (Pa^{-1}), η é a viscosidade newtoniana (Pa.s), J_1 e J_2 são as compliâncias relativas

aos elementos 1 e 2 (Pa^{-1}) e τ_1 e τ_2 são os tempos de retardação associados aos elementos 1 e 2 (s).

4.6.5 Propriedades funcionais

As propriedades funcionais avaliadas nos queijos foram: capacidade de derretimento, formação de óleo livre, cor antes e após o derretimento. Todas as análises foram realizadas nos mesmos tempos de armazenamento refrigerado em que foram realizadas as análises de proteólise.

4.6.5.1 Capacidade de derretimento

A capacidade de derretimento do queijo foi determinada em sextuplicata, pelo método de Schreiber's modificado, descrito por Kosikowski e Mistry (1997). Foi retirado um cilindro da parte central do queijo, com o auxílio de uma sonda de aço inox de 36 mm de diâmetro interno. O cilindro foi fracionado transversalmente com um fatiador de ovos modificado para obter cilindros de 7 mm de altura. Cada um dos cilindros foi colocado em placa de Petri e deixado à temperatura ambiente por 1 hora. Após esse período, as placas foram levadas a uma estufa de circulação forçada à 100 °C/7min, deixadas à temperatura ambiente por 30 minutos e o diâmetro do queijo derretido foi medido em quatro direções diferentes, separadas por um ângulo de 45°. O resultado foi expresso como medida do diâmetro final (cm).

4.6.5.2 Formação de óleo livre

A formação de óleo livre foi avaliada, em duplicata, pelo método de Gerber modificado, conforme Kindstedt e Fox (1991). Os resultados foram expressos em função da porcentagem de gordura do queijo, de acordo com as equações (15 e 16) abaixo:

$$\% \text{ óleo livre} = \frac{\% \text{ óleo livre do queijo}}{\% \text{ gordura do queijo}} \times 100 \quad (15)$$

sendo, $\% \text{ óleo livre} = \frac{\text{gordura medida na escala do butirômetro}}{2} \quad (16)$

2

4.6.5.3 Cor

Para a avaliação instrumental da cor dos queijos, foi utilizado o colorímetro da marca Hunterlab modelo COLORQUEST II. A determinação baseou-se no sistema CIE L*C* h polar, coordenada cilíndrica, do mesmo espaço tridimensional definido pelas coordenadas retangulares a*=componente vermelho-verde e b*=componente azul-amarelo e L*=luminosidade (CIELAB). No sistema CIE L*C* h, o croma (C*), representa a saturação ou vivacidade da cor (grau de pureza da cor) e o ângulo de tonalidade (h), representa a percepção visual da cor (vermelho, amarelo, etc.), e são determinados pelas equações 17 e 18 respectivamente. O parâmetro L*, representa a luminosidade (grau de claro ou escuro), variando de 0 (preto) a 100 (branco) sendo os valores intermediários as várias tonalidades de cinza. A luminosidade pode ser definida como a percepção visual onde uma determinada área parece emitir mais ou menos luz. Os parâmetros utilizados no equipamento foram: iluminante D65, ângulo do observador 10°, leitura feita em reflectância, com especular excluída (modo RSIN).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (17)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (18)$$

A medida da cor do queijo não derretido foi avaliada na face central da peça, em sextuplicata. Para a medida da cor após o derretimento, as amostras foram trituradas e mantidas em estufa, a 105°C por 1 hora, em formas de empadas com revestimento Teflon®, de acordo com o método descrito por Barbano *et al.*, (1993), em triplicata, com 5 leituras em cada replicata.

4.7 Análise sensorial

Um teste de aceitação foi realizado no dia 30 de armazenamento refrigerado. As amostras foram avaliadas em relação à aparência, sabor e textura. Os testes foram realizados em cabines individuais, sob luz branca e o queijo de coalho foi servido na forma grelhada, em cubos com aproximadamente 20g. As amostras foram servidas em pratos plásticos brancos, codificados com algarismos de 3 dígitos e acompanhadas de biscoito “cream cracker” e água mineral à temperatura ambiente. Foi utilizada uma grelha elétrica, 110 V, modelo Grill Healthy BBQ, importadora Ghats Com. Exterior Ltda. Distribuidora Polimport (Figura 4), por cerca de 2 a 3 minutos, tempo necessário para atingirem uma coloração característica amarronzada (Figura 5). As amostras foram apresentadas, de forma monádica, controlando os efeitos de posição (“carry-over”), conforme proposto por Wakeling e Macfie (1995). A equipe sensorial foi composta de 100 provadores, consumidores de queijos e não treinados, que avaliaram as amostras de queijo de coalho, utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos ancorada em seus extremos nos termos “gostei extremamente” e “desgostei extremamente”. Os provadores também foram solicitados a descreverem o que mais gostaram e menos gostaram em relação a cada atributo.



Figura 4. Grelha elétrica utilizada na análise sensorial do queijo de coalho grelhado.



Figura 5. Coloração amarronzada característica do queijo de coalho grelhado.

A atitude dos provadores em relação à intenção de compra do produto também foi avaliada, utilizando uma escala de 5 pontos, variando de “certamente

compraria” a “certamente não compraria”. A Figura 6 apresenta a ficha utilizada na aplicação do teste de aceitação.

Os resultados do teste de aceitação foram analisados ao nível de 5% de significância, através da variância (ANOVA) e testes de média de Tukey utilizando o programa The SAS System. Os resultados da intenção de compra foram avaliados de forma gráfica, por histograma de barras.

A Figura 6 apresenta a ficha utilizada na aplicação do teste de aceitação sensorial.

TESTE DE ACEITAÇÃO DE QUEIJO DE COALHO

Nome: _____ Data: _____

1- Você está recebendo uma amostra codificada de queijo de coalho grelhado. Por favor, inicialmente avalie o quanto você gostou ou desgostou da amostra, em relação à **APARÊNCIA** utilizando a escala abaixo:

9. Gostei extremamente
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei / nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei extremamente

Amostra : _____ VALOR _____

Descreva o que você mais gostou e menos gostou em relação à **APARÊNCIA** da amostra

+ Gostei: _____

- Gostei: _____

2- Agora PROVE a amostra e utilizando a escala indique o quanto você gostou ou desgostou da amostra, em relação ao **SABOR** da amostra.

Amostra : _____ VALOR _____

Descreva o que você mais gostou e menos gostou de **UM MODO GERAL** da amostra

+ Gostei: _____

- Gostei: _____

3- Agora prove novamente a amostra e utilizando a escala acima indique quanto você gostou ou desgostou da amostra, em relação à **TEXTURA**.

Amostra : _____ VALOR _____

Descreva o que você mais gostou e menos gostou em relação à **TEXTURA** da amostra

+ Gostei: _____

- Gostei: _____

4- Por favor, agora indique qual o grau de certeza que você compraria ou não compraria este produto:

Eu certamente compraria este produto

Eu provavelmente compraria este produto

Tenho dúvidas se compraria ou não compraria este produto

Eu provavelmente **não** compraria este produto

Eu certamente **não** compraria este produto

Figura 6. Ficha utilizada na aplicação do teste de aceitação do queijo de coalho grelhado.

4.8 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Foi utilizada a metodologia de planejamento experimental e análise de superfície de resposta para avaliar a influência das variáveis independentes, relação caseína/gordura (CN/G) do leite e a temperatura de cozimento (Tcoz) da massa, nas respostas (variáveis dependentes). Foi elaborado um delineamento composto central rotacional (DCCR), utilizando o planejamento experimental fatorial completo 2^2 , incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (RODRIGUES; IEMMA, 2005). A Tabela 1 apresenta os níveis estudados no planejamento.

Tabela 1. Níveis utilizados no delineamento central composto rotacional (DCCR).

Variáveis	-1,41	-1	0	+1	+1,41
CN/G ⁽¹⁾	0,61	0,65	0,75	0,85	0,89
T coz ⁽²⁾	43	45	50	55	57

(1) Relação caseína/gordura do leite.

(2) Temperatura de cozimento da massa.

Através do DCCR foi possível avaliar os efeitos principais e de interação das variáveis independentes sobre as respostas analisadas. As repostas avaliadas foram umidade, gordura em base seca, proteína em base seca, rendimento de fabricação, recuperações de gordura e proteína para o soro e para o queijo. As mudanças durante os 90 dias de armazenamento refrigerado foram monitoradas através das determinações de pH, acidez titulável, índices de extensão e profundidade de proteólise, formação de diacetil, capacidade de derretimento, formação de óleo livre, perfil de textura (dureza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade), teste de compressão uniaxial (σ ruptura, σ máxima, E e ϵ_{rup}), teste de creep (J_0 , J_1 , η e τ_1) e os parâmetros de cor L^* , C^* e h^* , antes e após derretimento.

Com os resultados obtidos para cada resposta, foi possível estimar os coeficientes de regressão. O intervalo de confiança utilizado para avaliar a

significância estatística das variáveis sobre as respostas foi de 95% ($p < 0,05$). O modelo foi elaborado incluindo somente os termos estatisticamente significativos. Os parâmetros estatisticamente não significativos foram eliminados do modelo e adicionados aos resíduos. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para avaliar se o modelo foi preditivo. Um modelo pode ser considerado preditivo quando o coeficiente de determinação (R^2) estiver o mais próximo de 100% e, se o valor de $F_{\text{calculado}}$ for maior que F_{tabelado} . Desta maneira o modelo é adequado para descrever as respostas em função das variáveis estudadas, sendo possível construir a superfície de resposta e curvas de contorno e definir as regiões de interesse (RODRIGUES; IEMMA, 2005).

A Tabela 2 apresenta o planejamento fatorial completo com os 11 ensaios realizados, os valores codificados e reais para as variáveis independentes estudadas.

Tabela 2. Planejamento fatorial, valores reais e codificados das variáveis independentes de estudo, relação caseína/gordura (CN/G) do leite e temperatura de cozimento (T_{coz}) da massa.

Ensaio	VARIÁVEIS CODIFICADAS		VARIÁVEIS REAIS	
	CN/G	T_{coz} ($^{\circ}\text{C}$)	CN/G	T_{coz} ($^{\circ}\text{C}$)
1	-1	-1	0,65	45
2	-1	1	0,65	55
3	1	-1	0,85	45
4	1	1	0,85	55
5	-1,41	0	0,61	50
6	+1,41	0	0,89	50
7	0	-1,41	0,75	43
8	0	+1,41	0,75	57
9	0	0	0,75	50
10	0	0	0,75	50
11	0	0	0,75	50

Na análise dos resultados foi utilizado o programa STATISTICA® for Windows versão 9.0.

Na análise sensorial, o teste de Tukey foi realizado para avaliar as diferenças entre as médias. Foi utilizado o programa The SAS® System for Windows versão 8.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO DO LEITE

A Tabela 3 apresenta a composição média dos leites crus padronizados utilizados na fabricação dos queijos de coalho. O extrato seco variou de 10,81% a 12,67%, o teor de gordura de 2,66% a 4,02%, o conteúdo de proteína de 2,96% a 3,34%, o pH de 6,57 a 6,93, o teor de caseína de 2,20% a 2,52% e a relação CN/G de 0,63 a 0,88. As variações na composição são resultantes da padronização da relação CN/G do leite. O valores de relação CN/G encontrada se aproximam da relação CN/G desejada pois, no momento da padronização do leite na planta, a determinação do teor de gordura foi realizada pelo método de Gerber e a caseína pelo método do formol. Estes são métodos rápidos mas não tão exatos como os métodos de Mojonnier e Kjeldahl utilizados posteriormente, para determinar o teor de gordura e caseína do leite, respectivamente.

Tabela 3. Composição média dos leites crus padronizados utilizados na fabricação dos queijos de coalho.

ENSAIOS	Variáveis reais		EST (%)	GORDURA (%)	PROTEÍNA TOTAL (%)	NNP ¹ (%)	CASEÍNA (%)	CN/G ²	ACIDEZ (°Dornic)	pH
	CN/G	Tcoz (°C)								
1	0,65	45	12,38	3,72	3,26	0,02	2,49	0,67	15,39	6,93
2	0,65	55	12,54	3,69	3,23	0,03	2,44	0,66	15,39	6,90
3	0,85	45	11,38	2,66	3,02	0,02	2,31	0,87	17,58	6,57
4	0,85	55	11,30	2,68	3,04	0,03	2,29	0,86	17,03	6,61
5	0,61	50	12,67	4,02	3,34	0,02	2,52	0,63	15,94	6,84
6	0,89	50	11,27	2,71	3,10	0,03	2,39	0,88	15,94	6,60
7	0,75	43	11,39	2,92	2,96	0,02	2,20	0,75	17,95	6,80
8	0,75	57	11,50	3,05	3,04	0,03	2,27	0,74	17,95	6,80
9	0,75	50	10,91	3,10	3,13	0,02	2,38	0,77	15,39	6,83
10	0,75	50	10,81	3,10	3,11	0,04	2,38	0,77	15,94	6,81
11	0,75	50	10,98	3,12	3,12	0,03	2,39	0,77	15,94	6,82

¹ Nitrogênio Não Protéico;

² Relação Caseína/Gordura: obtidos pelas análises de caseína pelo método de Kjeldahl ((NT-NNC)*6,38) e de gordura pelo método de Mojonnier.

5.2 COMPOSIÇÃO DO SORO

A composição média dos soros obtidos na fabricação dos queijos de coalho é apresentada na Tabela 4. O extrato seco variou de 6,01% a 7,25%, a gordura de 0,22% a 0,50%, a proteína de 0,54% a 0,87% e o pH de 6,43 a 6,67. Houve uma tendência dos soros provenientes dos queijos fabricados a partir do leite com valores de relação CN/G maiores que 0,85 apresentarem menor teor de gordura e proteína.

Tabela 4. Composição média dos soros obtidos da fabricação dos queijos de coalho.

ENSAIOS	Variáveis reais		EST (%)	GORDURA (%)	PROTEINA TOTAL (%)	NNP ¹ (%)	ACIDEZ (°Dornic)	pH
	CN/G	Tcoz (°C)						
1	0,65	45	7,16	0,48	0,86	0,04	10,99	6,56
2	0,65	55	7,25	0,50	0,82	0,04	10,99	6,49
3	0,85	45	6,01	0,22	0,54	0,03	12,09	6,50
4	0,85	55	6,75	0,23	0,55	0,03	12,64	6,43
5	0,61	50	7,19	0,47	0,87	0,04	10,99	6,55
6	0,89	50	6,72	0,22	0,54	0,03	11,54	6,51
7	0,75	43	6,91	0,40	0,79	0,03	11,58	6,40
8	0,75	57	6,81	0,38	0,85	0,03	11,58	6,44
9	0,75	50	6,27	0,31	0,77	0,03	10,99	6,65
10	0,75	50	6,24	0,32	0,75	0,03	10,44	6,67
11	0,75	50	6,36	0,31	0,75	0,03	10,99	6,67

¹ Nitrogênio Não Protéico

5.3 COMPOSIÇÃO DOS QUEIJOS

A Tabela 5 apresenta a composição média dos queijos de coalho. A umidade variou de 38,32% a 46,51%, a gordura em base seca (GBS) de 38,12% a 53,40% e a proteína em base seca (PBS) de 33,61% a 40,83%. Todos os queijos estão de acordo com a legislação brasileira, cujo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo de Coalho (BRASIL, 2001) especifica que o teor de GBS deve estar entre 35% a 60% e o queijo deve ser de média a alta umidade, portanto, de 36% a 54,9% (BRASIL, 1996).

Houve pouca variação no teor de sal, na acidez titulável e no pH. O sal variou de 2,93% a 3,34%. A acidez variou de 0,10 a 0,15 % e o pH variou de 6,20 a 6,47. O teor de sal (cerca de 3%) e pH (6,2 a 6,5) foram os tipicamente encontrados para queijo de coalho, cujo teor de sal varia de 2,38% a 3,53% e o pH de 5,81 a 6,66 (PEREZ, 2005; MAMEDE, 2009).

A variação da composição dos queijos de coalho foi resultado das variações do teor de caseína/gordura do leite utilizado e das diferenças na temperatura de cozimento da massa. A Tabela 6 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a umidade, proteína em base seca (PBS) e gordura em base seca (GBS) dos queijos de coalho.

Tabela 5. Composição média dos queijos de coalho.

Ensaio	Variáveis reais		Umidade (%)	Gordura (%)	GBS ¹ (%)	Proteína Total (%)	NNP ² (%)	PBS ³ (%)	Caseína (%)	Sal (%)	S/U ⁴	Acidez (% ac. láctico)	pH
	CN/G	Tcoz (°C)											
1	0,65	45	44,70	26,38	47,70	18,59	0,03	33,61	17,41	3,03	6,78	0,15	6,47
2	0,65	55	40,37	28,35	47,55	20,98	0,02	35,19	20,02	3,00	7,43	0,13	6,35
3	0,85	45	43,93	22,59	40,28	22,48	0,03	40,10	21,34	3,10	7,06	0,14	6,20
4	0,85	55	39,03	26,23	43,01	24,60	0,02	40,34	23,76	3,23	8,28	0,13	6,20
5	0,61	50	44,48	29,65	53,40	20,44	0,02	36,82	19,36	3,04	7,01	0,13	6,36
6	0,89	50	41,80	22,18	38,12	22,77	0,03	39,12	21,73	2,93	6,83	0,13	6,23
7	0,75	43	46,51	23,72	44,35	20,16	0,02	37,68	19,31	3,34	7,18	0,10	6,31
8	0,75	57	38,32	28,59	46,35	23,55	0,02	38,19	22,64	3,20	8,35	0,12	6,31
9	0,75	50	44,94	25,16	45,70	22,37	0,03	40,64	20,79	3,07	6,83	0,11	6,45
10	0,75	50	44,95	25,02	45,45	22,46	0,03	40,80	20,83	3,07	6,83	0,10	6,45
11	0,75	50	44,80	25,12	45,51	22,54	0,03	40,83	20,94	3,06	6,83	0,10	6,40

¹ Gordura Base Seca; ² Nitrogênio Não Protéico; ³ Proteína base seca; ⁴ Relação sal/umidade

Tabela 6. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a umidade, proteína em base seca (PBS) e gordura em base seca (GBS) dos queijos de coalho.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Umidade	Coef.regressão	44,90	-0,74	-1,07	-2,60	-1,43	-0,14
	Erro-padrão	0,39	0,24	0,28	0,24	0,28	0,33
	p-valor	<0,0001	0,0264	0,0127	0,0001	0,0038	0,6882
PBS	Coef.regressão	40,76	1,86	-1,55	0,32	-1,57	-0,34
	Erro-padrão	0,81	0,49	0,59	0,49	0,59	0,70
	p-valor	<0,0001	0,0131	0,0460	0,5491	0,0444	0,6523
GBS	Coef.regressão	45,55	-4,20	-0,13	0,68	-0,33	0,72
	Erro-padrão	0,94	0,58	0,69	0,58	0,69	0,82
	p-valor	<0,0001	0,0008	0,8612	0,2950	0,6502	0,4189

Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

CN/G –relação CN/G do leite

TCOZ – temperatura de cozimento da massa

(L) termo linear (Q) termo quadrático

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa exerceram influência significativa na umidade e a na PBS dos queijos de coalho (Tabela 6). A GBS dos queijos foi significativamente afetada ($p < 0,0001$) somente pela relação CN/G do leite.

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a umidade (U), proteína base seca (PBS) e gordura base seca (GBS) dos queijos de coalho são apresentados nas equações 19, 20 e 21, respectivamente.

$$U = 44,90 - 0,74 \text{ CN/G} - 1,07 \text{ CN/G}^2 - 2,60 \text{ Tcoz} - 1,43 \text{ Tcoz}^2 \quad (19)$$

$$\text{PBS} = 40,76 + 1,86 \text{ CN/G} - 1,55 \text{ CN/G}^2 - 1,57 \text{ Tcoz} \quad (20)$$

$$\text{GBS} = 45,22 - 4,20 \text{ CN/G} \quad (21)$$

A análise de variância (ANOVA) para a umidade, PBS e GBS dos queijos foi realizada, eliminando-se os fatores não estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e os resultados são apresentados na Tabela 7. A porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual a 96,90%, 81,61%, 87,72% respectivamente, o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi de 2,4 a 11,44 vezes maior que o F_{tabelado} , indicando que os modelos obtidos são preditivos. Desta maneira, foi possível construir a superfície de resposta e curvas de contorno para a umidade, PBS e GBS, mostradas nas Figuras 7, 8 e 9 (a e b), respectivamente.

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para a umidade, PBS e GBS dos queijos de coalho fabricados.

Fontes de Variação	Soma dos quadrados			Graus de Liberdade			Quadrados Médios			Fcalculado		
	Umidade	PBS	GBS	Umidade	PBS	GBS	Umidade	PBS	GBS	Umidade	PBS	GBS
Regressão	72,70	49,04	140,86	4	3	3	18,18	16,35	46,95	46,89	10,36	16,66
Resíduo	2,33	11,05	19,73	6	7	7	0,39	1,58	2,82			
Total	75,02	60,08	160,59	10	10	10	7,50	6,01	16,06			

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

Umidade: $R^2=96,90\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor<0,0001

PBS: $R^2=81,61\%$ $F_{3;7;0,05}=4,35$ p-valor=0,0057

GBS: $R^2=87,72\%$ $F_{3;7;0,05}=4,35$ p-valor=0,0014

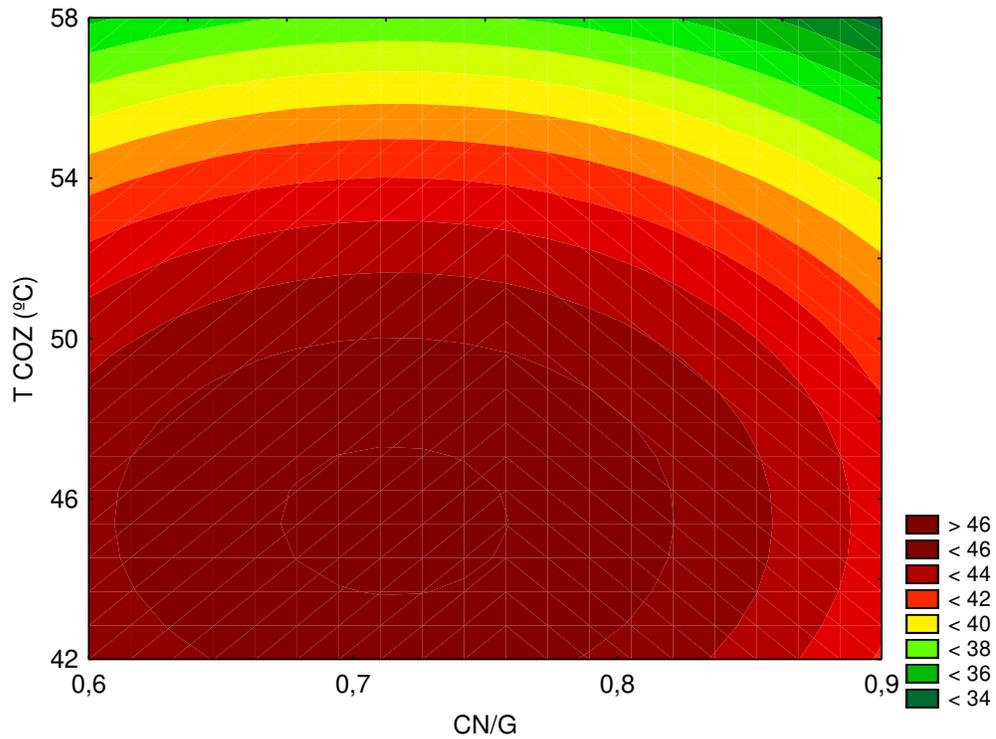
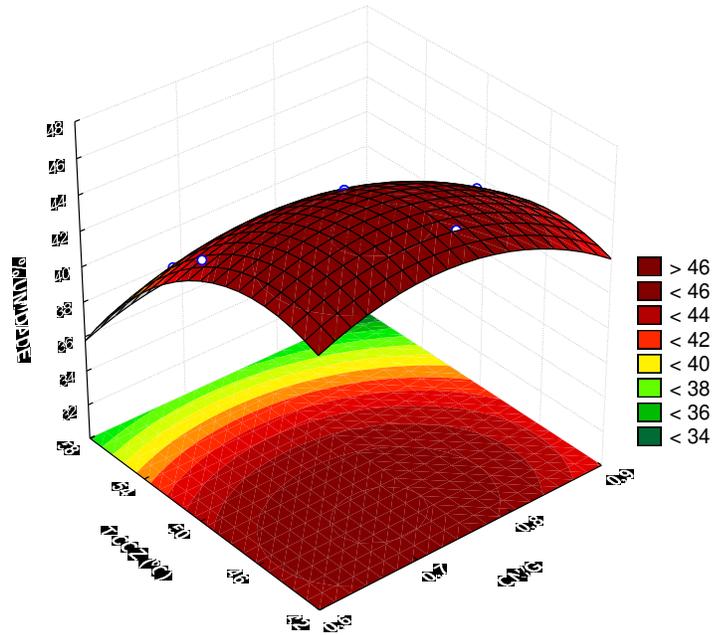


Figura 7. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a porcentagem de umidade dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.

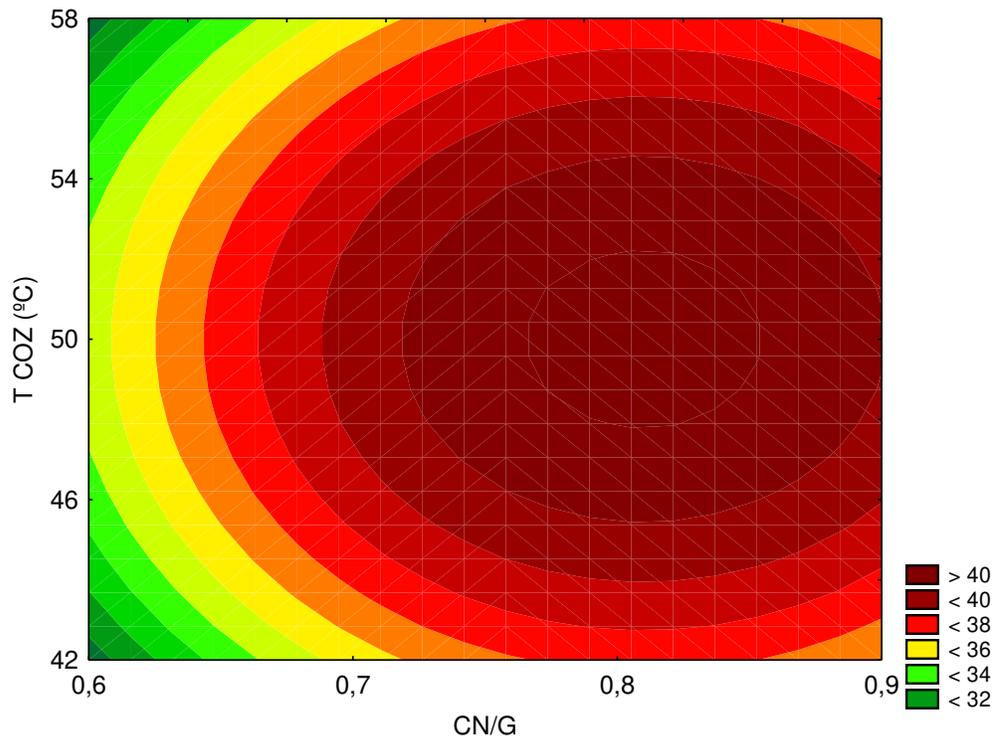
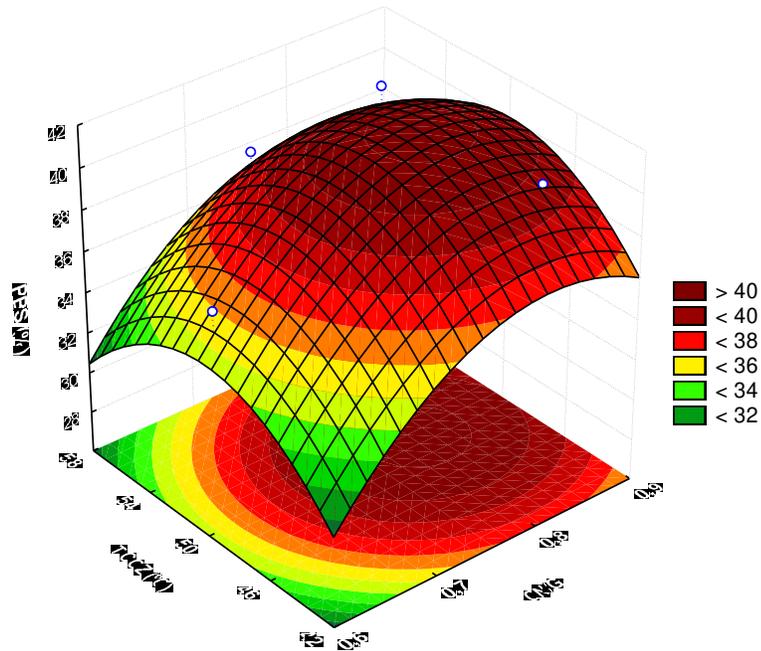


Figura 8. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a proteína base seca (PBS) dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.

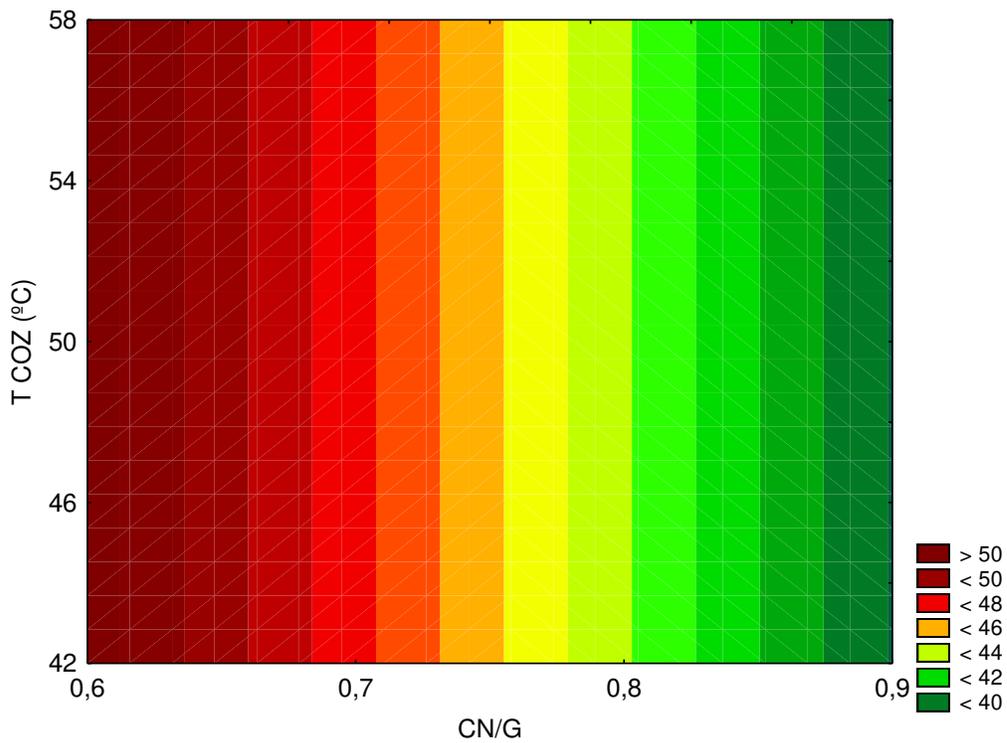
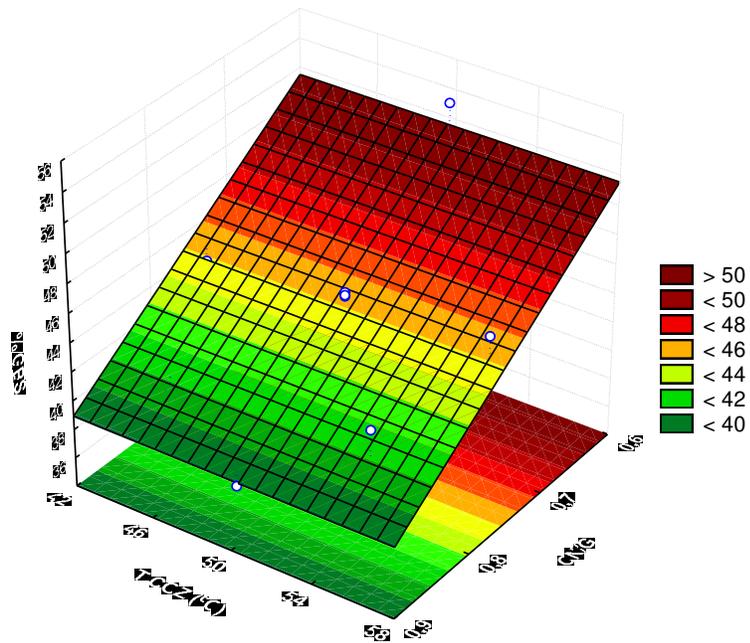


Figura 9. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a gordura base seca (GBS) dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.

Houve maior influência da temperatura de cozimento da massa do que da relação CN/G do leite na umidade dos queijos de coalho, apesar da significância estatística para ambas as variáveis. Em praticamente toda a faixa de estudo da relação CN/G do leite os queijos apresentaram teores de umidade entre 44% e 46%. Já, o aumento na temperatura de cozimento da massa resultou em uma diminuição significativa no teor de umidade dos queijos de coalho. Quando a temperatura de cozimento da massa foi maior que 55°C, a umidade dos queijos foi inferior a 40%, como mostrado na Figura 7.

O aumento da relação CN/G do leite aumentou a PBS dos queijos de coalho. A PBS dos queijos foi maior (em torno de 40%) na região referente à relação CN/G maior que 0,75 e em temperatura de cozimento da massa entre 46° e 54°C (Figura 8).

A Figura 9 mostra que diminuição da relação CN/G do leite resultou em um aumento da GBS nos queijos de coalho, independente da temperatura de cozimento da massa. Em faixas de relação CN/G menores que 0,73 a GBS dos queijos de coalho variou de 48% a 50% e, em faixas maiores que 0,8 a GBS se mostrou inferior a 42%. A GBS do queijo não foi influenciada significativamente pela temperatura de cozimento ($p > 0,05$).

Em suma, a relação CN/G foi a variável que exerceu a maior influência à composição do queijo, e a única que deve ser levada em consideração do ponto de vista prático. Em geral, a temperatura de cozimento da massa somente influenciou levemente a umidade quando se usou temperaturas de cozimento bastante elevadas (acima de 55°C), o que não ocorre na fabricação desse tipo de queijo.

5.4 RECUPERAÇÃO DE GORDURA

A Tabela 8 apresenta os valores médios de recuperação de gordura no soro (RGS) e nos queijos (RGQ).

Tabela 8. Recuperação média de gordura no soro e nos queijos de coalho.

Ensaio	VARIÁVEIS REAIS		% RECUPERAÇÃO GORDURA	
	CN/G	T COZ (°C)	SORO	QUEIJO
1	0,65	45	11,74	88,26
2	0,65	55	11,85	88,15
3	0,85	45	7,52	92,48
4	0,85	55	7,72	92,28
5	0,61	50	10,10	89,90
6	0,89	50	7,76	92,24
7	0,75	43	12,70	87,30
8	0,75	57	11,82	88,18
9	0,75	50	9,38	90,62
10	0,75	50	9,71	90,29
11	0,75	50	9,45	90,55

A Tabela 9 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a recuperação de gordura no soro (RGS) e nos queijos de coalho (RGQ).

Tabela 9. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a recuperação de gordura no soro (RGS) e recuperação de gordura nos queijos de coalho (RGQ).

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
RGS	Coef.regressão	9,51	-1,46	-0,51	-0,12	1,16	0,02
	Erro-padrão	0,58	0,36	0,43	0,36	0,43	0,51
	p-valor	<0,0001	0,0093	0,2868	0,7324	0,0418	0,9288
RGQ	Coef.regressão	90,49	1,46	0,51	0,12	-1,15	-0,02
	Erro-padrão	0,58	0,36	0,43	0,36	0,43	0,51
	p-valor	<0,0001	0,0096	0,2815	0,7571	0,0425	0,9662

Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

CN/G –relação CN/G do leite

TCOZ – temperatura de cozimento da massa

(L) termo linear

(Q) termo quadrático

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa exerceram influência significativa ($p < 0,05$) na recuperação de gordura do soro (RGS) e do queijo (RGQ).

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a RGS e RGQ são descritos nas equações 22 e 23 respectivamente.

$$\text{RGS} = 9,03 - 1,47\text{CN/G} + 1,30 \text{Tcoz}^2 \quad (22)$$

$$\text{RGQ} = 90,97 + 1,46\text{CN/G} - 1,30 \text{Tcoz}^2 \quad (23)$$

A análise de variância ANOVA para a RGS e RGQ foi realizada, eliminando-se os fatores não estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e os resultados são apresentados na Tabela 10. A porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual a 85,04% e 80,37% respectivamente e, o valor de $F_{\text{calculado}}$ para ambas as respostas foi 3,7 vezes maior que o F_{tabelado} , indicando que os modelos obtidos são preditivos. Foi possível então, construir a superfície de resposta e curvas de contorno para a RGS e RGQ, apresentadas nas Figuras 10 e 11 (a e b), respectivamente.

Tabela 10. Análise de variância para a RGS e RGQ.

Fontes de variação	Soma de Quadrados		Graus de Liberdade		Quadrados Médios		Fcalc	
	RGS	RGQ	RGS	RGQ	RGS	RGQ	RGS	RGQ
Regressão	27,84	27,48	2	2	13,92	13,74	16,59	16,37
Resíduo	6,71	6,71	8	8	0,84	0,84		
Total	34,56	34,19	10	10	3,46	3,42		

RGS: $R^2 = 85,04\%$; $F_{\text{tab } 2,8,0,05} = 4,46$; $p\text{-valor} = 0,0014$

RGQ: $R^2 = 80,37\%$; $F_{\text{tab } 2,8,0,05} = 4,46$; $p\text{-valor} = 0,0015$

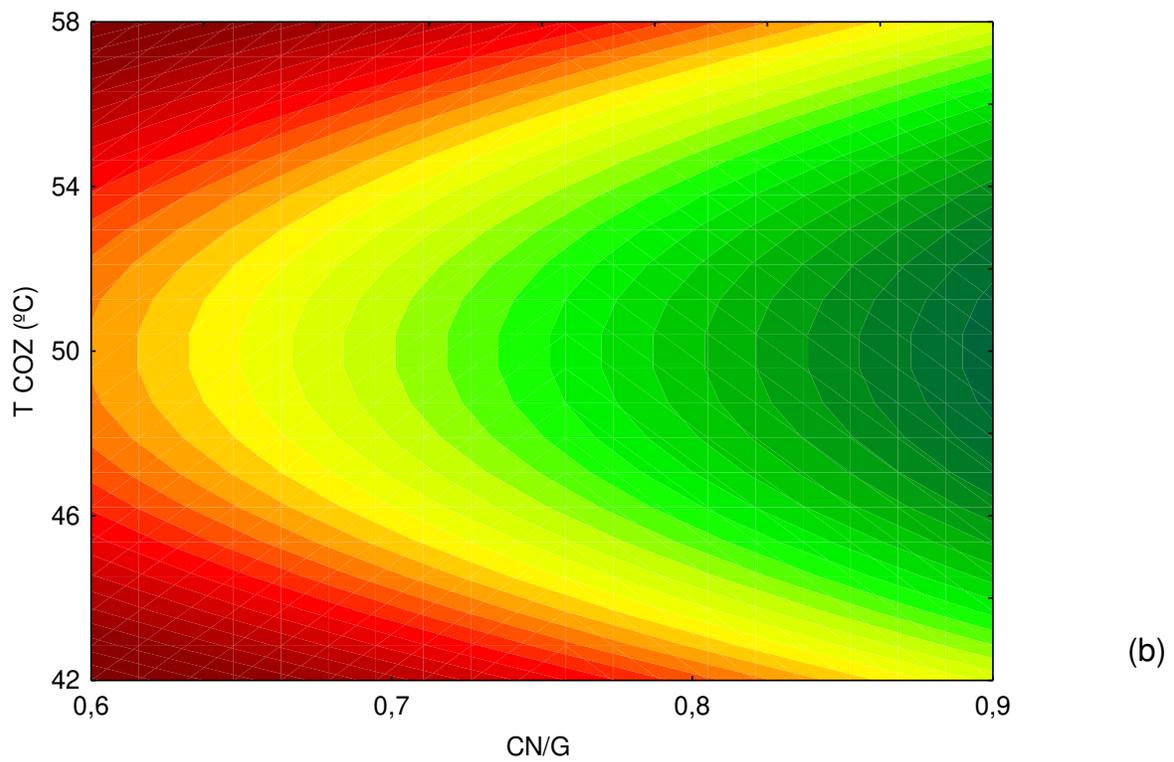
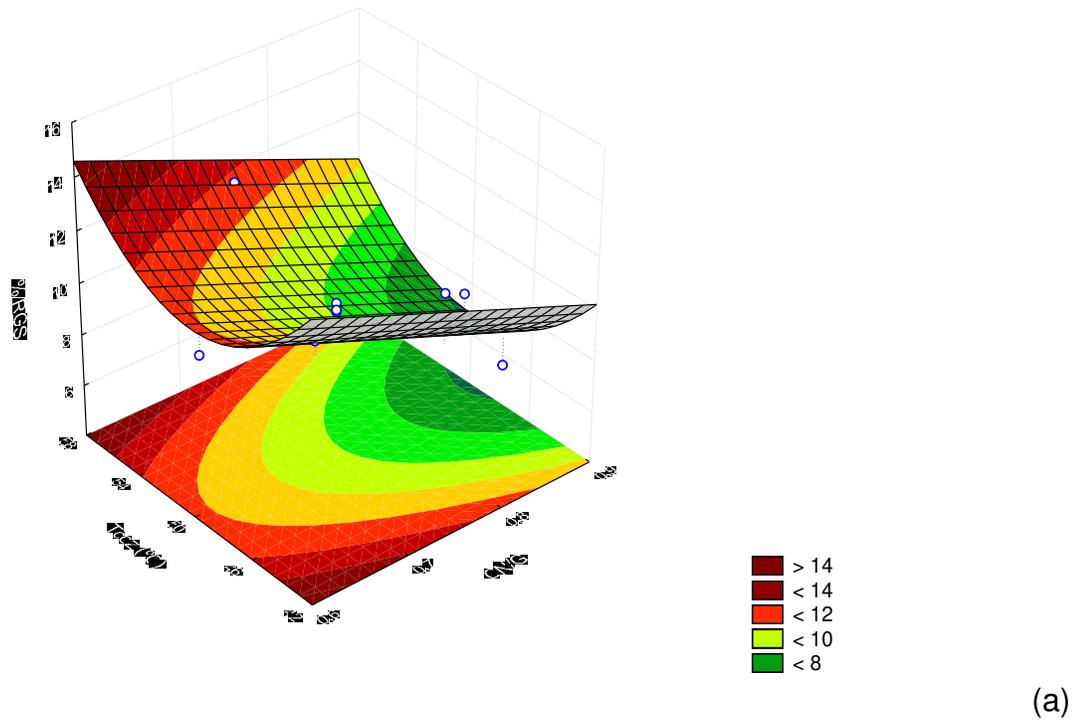


Figura 10. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a recuperação de gordura no soro (RGS) em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.

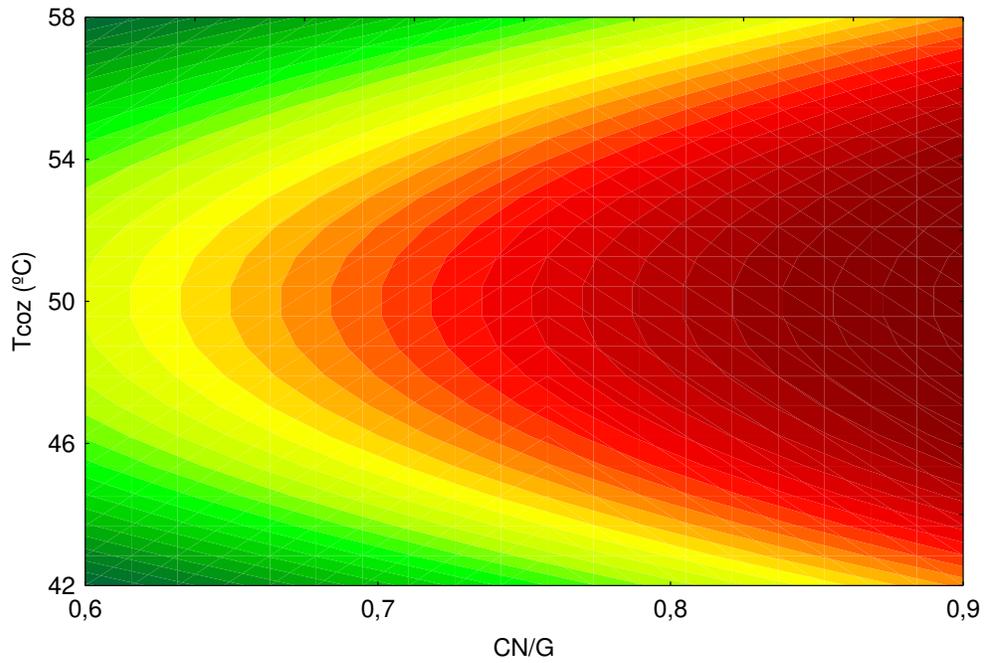
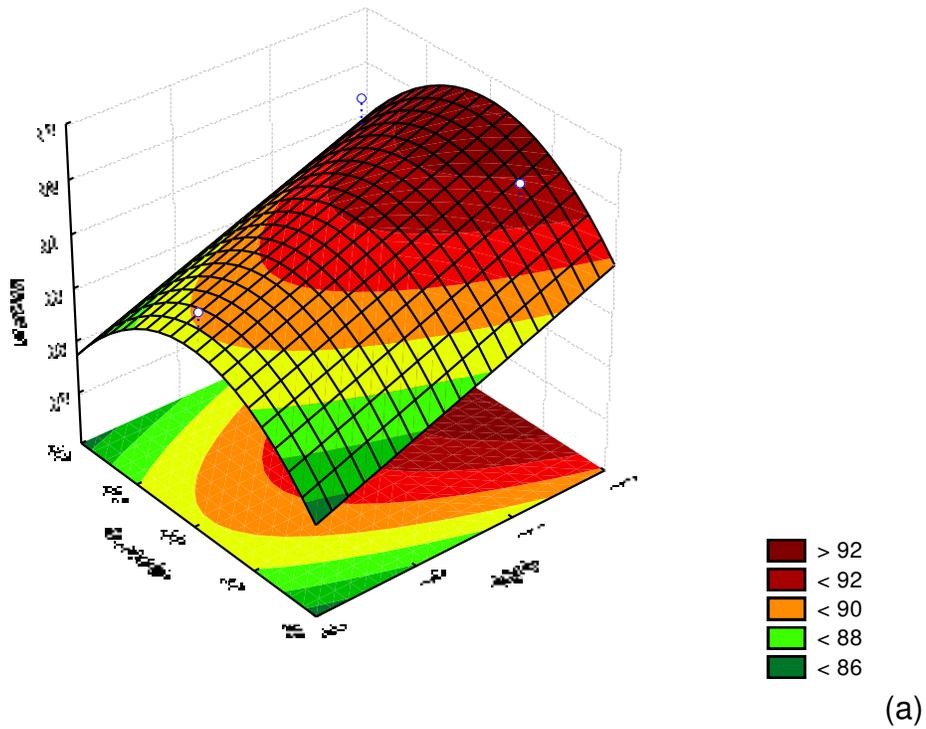


Figura 11. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a recuperação de gordura no queijo (RGQ) em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite.

A análise das superfícies de resposta e curvas de contorno para a RGS e RGQ, Figuras 10 e 11 (a e b) respectivamente, mostram que houve maior recuperação de gordura para o queijo acompanhada de uma correspondente menor recuperação de gordura para o soro, quando a relação CN/G do leite foi superior a 0,75 e na faixa de temperatura de cozimento da massa compreendida entre 46° e 54°C. Quando os níveis de proteína no leite foram elevados (valores maiores de relação CN/G), a rede protéica tridimensional ficou mais fortalecida e mais gordura ficou retida na massa e não foi perdida para o soro, como já foi explicado por alguns autores como Fox et al. (2000) e Guinné (2003). Fagan et al. (2007) também verificou que em baixas temperaturas de cozimento, houve a formação de um coágulo mais frágil o que resultou em altos níveis de perda de gordura para o soro. Com a elevação de temperatura, as interações entre proteína-proteína promovem maior contração da rede protéica, expulsando gordura e umidade, oclusas na rede protéica, para o soro (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003). Isso é o que deve ter ocorrido quando se utilizou temperaturas de cozimento entre 46 e 54°C (Figura 11). Ao contrário, quando a temperatura de cozimento foi mais baixa (menor que 46°C), as ligações entre a matriz de proteína se enfraqueceram, ocorrendo maior incorporação de umidade à massa, permitindo assim, que a gordura permeasse da matriz para o soro.

5.5 RECUPERAÇÃO DE PROTEÍNA

A Tabela 11 apresenta os valores médios de recuperação de proteína no soro (RPS) e a recuperação de proteína (RPQ) nos queijos de coalho.

Tabela 11. Recuperação média de proteína no soro e nos queijos de coalho

Ensaio	VARIÁVEIS REAIS		% RECUPERAÇÃO PROTEÍNA	
	CN/G	T COZ (°C)	SORO	QUEIJO
1	0,65	45	25,33	74,67
2	0,65	55	23,20	76,80
3	0,85	45	16,90	83,10
4	0,85	55	17,47	82,53
5	0,61	50	23,43	76,57
6	0,89	50	16,70	83,30
7	0,75	43	25,08	74,92
8	0,75	57	26,46	73,54
9	0,75	50	22,35	77,65
10	0,75	50	21,95	78,05
11	0,75	50	21,99	78,01

A Tabela 12 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a recuperação de proteína no soro (RPS) e recuperação de proteína nos queijos (RPQ).

Tabela 12. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a recuperação de proteína no soro (RPS) e recuperação de proteína nos queijos de coalho (RPQ).

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
RPS	Coef.regressão	22,10	-2,93	-1,02	-0,06	1,84	-2,19
	Erro-padrão	0,64	0,45	0,51	0,45	0,51	0,78
	p-valor	< 0,0001	0,0013	0,1011	0,8971	0,0151	0,0382
RPQ	Coef. regressão	77,90	2,96	1,56	-0,05	-1,29	-0,67
	Erro-padrão	0,96	0,59	0,70	0,59	0,70	0,84
	p-valor	< 0,0001	0,0041	0,0766	0,9371	0,1262	0,4556

Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

CN/G –relação CN/G do leite

TCOZ – temperatura de cozimento da massa

(L) termo linear

(Q) termo quadrático

A RPS foi significativamente ($p < 0,05$) afetada pela relação CN/G do leite, pela temperatura de cozimento da massa e pela interação dos dois fatores. A RPQ foi significativamente afetada ($p < 0,05$) somente pela relação CN/G do leite.

O modelo ajustado, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para a RPS dos queijos de coalho está detalhado na equação 24.

$$RPS = 21,28 - 2,96CN/G + 2,24 T_{coz}^2 - 2,80 CN/G \times T_{coz} \quad (24)$$

A análise de variância (ANOVA) para a RPS e RPQ foi realizada, eliminando-se os fatores não estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e os resultados são apresentados na Tabela 13. A porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual a 90,62% e 59,10% para RPS e RPQ, respectivamente. O valor de $F_{calculado}$ para ambas as respostas foi maior que o $F_{tabelado}$. No entanto, houve baixo valor de variação explicada (R^2) para a RPQ, possivelmente devido à baixa variabilidade dos resultados para qualquer condição estudada, o que indica que a RPQ não foi função das variáveis estudadas dentro da faixa avaliada. Assim, não é adequado elaborar o modelo e construir a superfície de resposta e curva de contorno para a RPQ. Para a RPS, o modelo elaborado foi preditivo e, desta maneira, foi possível construir a superfície de resposta e a curva de contorno, apresentadas na Figura 12.

Tabela 13. Análise de variância para a RPS e RPQ.

Fontes de variação	Soma de Quadrados		Graus de Liberdade		Quadrados Médios		Fcalc	
	RPS	RPQ	RPS	RPQ	RPS	RPQ	RPS	RPQ
Regressão	107,45	70,08	5	1	21,49	70,08	9,66	13,00
Resíduo	11,13	48,50	5	9	2,23	5,39		
Total	118,58	118,58	10	10	11,86	11,86		

RPS: $R^2 = 90,62\%$; $F_{tab\ 5,5,0,05} = 5,05$; p-valor = 0,0132

RPQ: $R^2 = 59,10\%$; $F_{tab\ 1,9,0,05} = 5,12$; p-valor = 0,0057

A análise da superfície de resposta e curva de contorno para a RPS, Figura 12 (a e b), mostra que nas temperaturas de cozimento da massa do queijo superiores a 54°C, ocorreu um aumento significativo na perda de proteína para o soro com a diminuição da relação CN/G. Já com o aumento na relação CN/G do leite e temperaturas de cozimento inferiores a 54°C, a recuperação de proteína no soro, em geral, foi baixa (em torno de 15% a 25%) e diminuiu com o aumento da relação CN/G. Como já foi mostrado por Guinée (2003), elevados níveis de proteína no leite (valores maiores de relação CN/G) promovem maior grau de fusão e agregação da para-caseína tanto durante o corte da coalhada quanto nas operações subseqüentes, levando a menores perdas de proteína no soro.

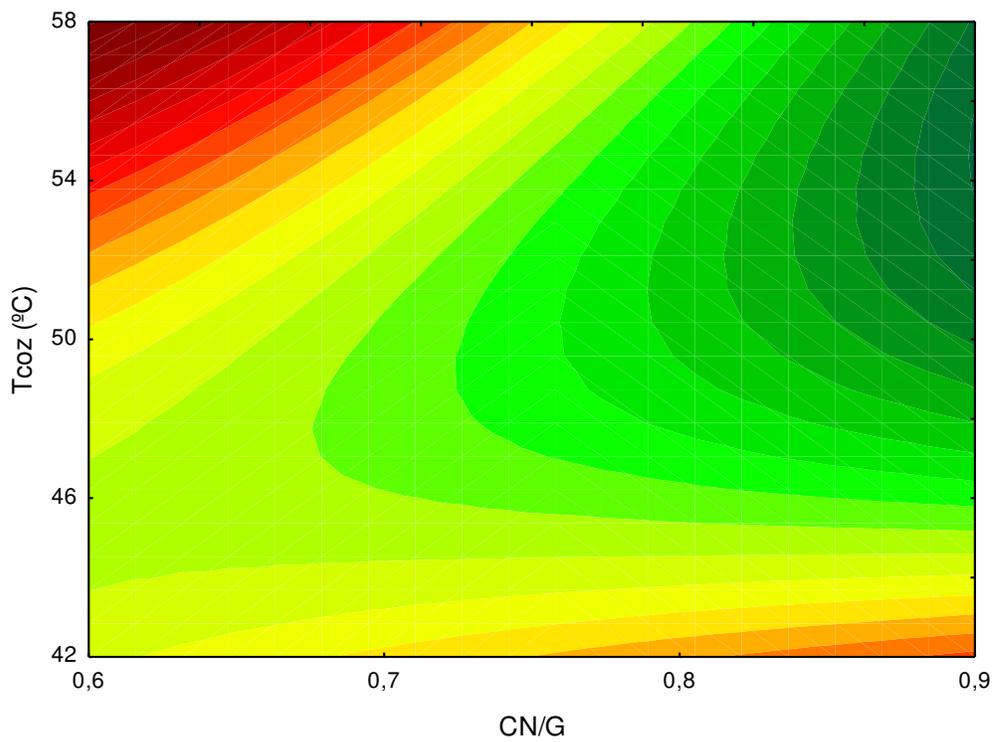
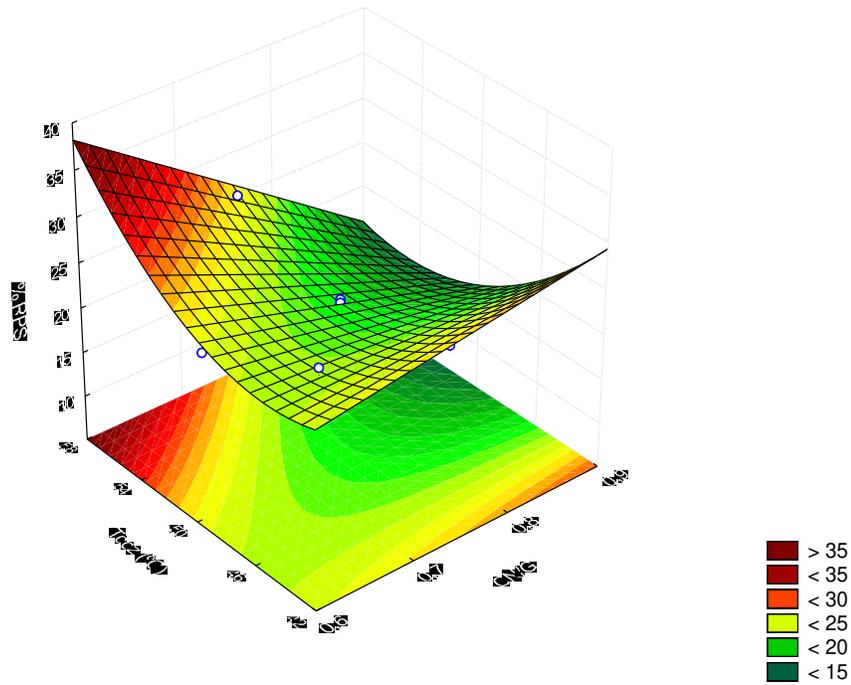


Figura 12. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a recuperação de proteína no soro (RPS) em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

5.6 RENDIMENTO DO QUEIJO

A Tabela 14 apresenta os valores de rendimento real (RR) e de rendimento ajustado (RAJ) obtidos na fabricação dos queijos de coalho.

Tabela 14. Valores do rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.

Ensaio	VARIÁVEIS REAIS		RENDIMENTO (kg queijo/100 Kg leite)	
	CN/G	T COZ (°C)	REAL	AJUSTADO
1	0,65	45	11,82	11,18
2	0,65	55	11,27	11,55
3	0,85	45	10,49	10,05
4	0,85	55	9,67	10,10
5	0,61	50	12,03	11,41
6	0,89	50	10,32	10,30
7	0,75	43	10,31	9,35
8	0,75	57	8,93	9,44
9	0,75	50	10,44	9,81
10	0,75	50	10,42	9,79
11	0,75	50	10,37	9,78

A Tabela 15 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e o p-valor para o rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.

Tabela 15. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para o rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
RR	Coef.Regressão	10,41	-0,52	0,47	-0,65	-0,31	-0,15
	Erro-padrão	0,18	0,11	0,13	0,11	0,13	0,16
	p-valor	<0,0001	0,0058	0,0174	0,0021	0,0658	0,3793
RAJ	Coef.Regressão	9,79	-0,52	0,68	0,07	-0,05	-0,08
	Erro-padrão	0,24	0,15	0,17	0,15	0,17	0,21
	p-valor	<0,0001	0,0164	0,0108	0,6572	0,7769	0,7127

Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

CN/G –relação CN/G do leite

TCOZ – temperatura de cozimento da massa

(L) termo linear

(Q) termo quadrático

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa exerceram influência significativa ($p < 0,05$) no RR da fabricação dos queijos de coalho. O RAJ dos queijos de coalho foi afetado significativamente somente pela relação CN/G do leite ($p < 0,05$).

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para o RR e RAJ da fabricação dos queijos de coalho são apresentados nas equações 25 e 26, respectivamente.

$$RR = 10,12 - 0,52 \text{ CN/G} + 0,56 \text{ CN/G}^2 - 0,65 \text{ Tcoz}^2 \quad (25)$$

$$RAJ = 9,74 - 0,52 \text{ CN/G} + 0,70 \text{ CN/G}^2 \quad (26)$$

A análise de variância (ANOVA) para o RR e RAJ da fabricação dos queijos de coalho foi realizada eliminando-se os parâmetros não estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e os resultados são apresentados na Tabela 16. A porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual a 87,69% e 84,81%, respectivamente. O valor de Fcalculado foi de 3,5 vezes e de 5,0 vezes maior que o Ftabelado, respectivamente, indicando que os modelos obtidos foram preditivos, sendo possível construir as superfícies de resposta e curvas de contorno para o RR e RAJ, mostradas nas Figuras 13 e 14 (a) e (b), respectivamente.

Tabela 16. Análise de variância para o rendimento real (RR) e rendimento ajustado (RAJ) da fabricação dos queijos de coalho.

Fontes de variação	Soma de Quadrados		Graus de Liberdade		Quadrados Médios		Fcalc	
	RR	RAJ	RR	RAJ	RR	RAJ	RR	RAJ
Regressão	7,46	5,14	3	2	2,49	2,57	15,19	22,34
Resíduo	1,15	0,92	7	8	0,16	0,12		
Total	8,61	6,06	10	10	0,86	0,61		

RR: $R^2 = 87,69\%$; $F_{3,7,0,05} = 4,35$; p-valor = 0,0017

RAJ: $R^2 = 84,81\%$; $F_{2,8,0,05} = 4,46$; p-valor = 0,0005

A Figura 13 (a e b), mostra que quando a relação CN/G do leite foi inferior a 0,7, a redução na temperatura de cozimento da massa resultou em aumento significativo no rendimento real de fabricação do queijo. De acordo com Mateo et al. (2009) e Guinné (2003), a gordura do leite limita fisicamente a agregação da matriz de para-caseína e ocorre menor sinérese. Segundo Gunasekaran e Ak (2003), em baixas temperaturas de cozimento ocorre menor interação e agregação entre as moléculas de para-caseína, resultando em menor sinérese do gel, resultando em queijos mais úmidos. Tanto a diminuição da temperatura de cozimento da massa como a diminuição da relação CN/G do leite, resultou em maior rendimento de fabricação do queijo de coalho. Entretanto, é necessário verificar se essas variáveis (temperatura de cozimento e relação CN/G do leite) afetam o rendimento ajustado do queijo, uma vez que este não considera as diferenças de umidade dos queijos.

A Figura 14 (a e b) mostra a superfície de resposta e a curva de contorno do rendimento ajustado, calculado para queijos apresentando os mesmos teores de sal e umidade. A Tabela 15 e a Figura 14 mostram que o

rendimento ajustado não foi afetado pela variação na temperatura de cozimento da massa ($p < 0,05$) e que quando, a CN/G do leite foi ajustada a valores menores que 0,65, nas diferentes temperaturas de cozimento da massa, houve um aumento significativo no rendimento ajustado dos queijos ($p < 0,05$). Para o rendimento ajustado, como os teores de sal e umidade foram equalizados para os mesmos valores, a perda de umidade resultante da elevação de temperatura não foi levada em consideração. Assim, somente a relação CN/G do leite foi a variável impactante no rendimento ajustado dos queijos de coalho. Do ponto de vista prático, isso significa trabalhar com leite ajustado a CN/G igual ou inferior a 0,65, independente da temperatura de cozimento usada, para obter um maior rendimento de fabricação do queijo de coalho.

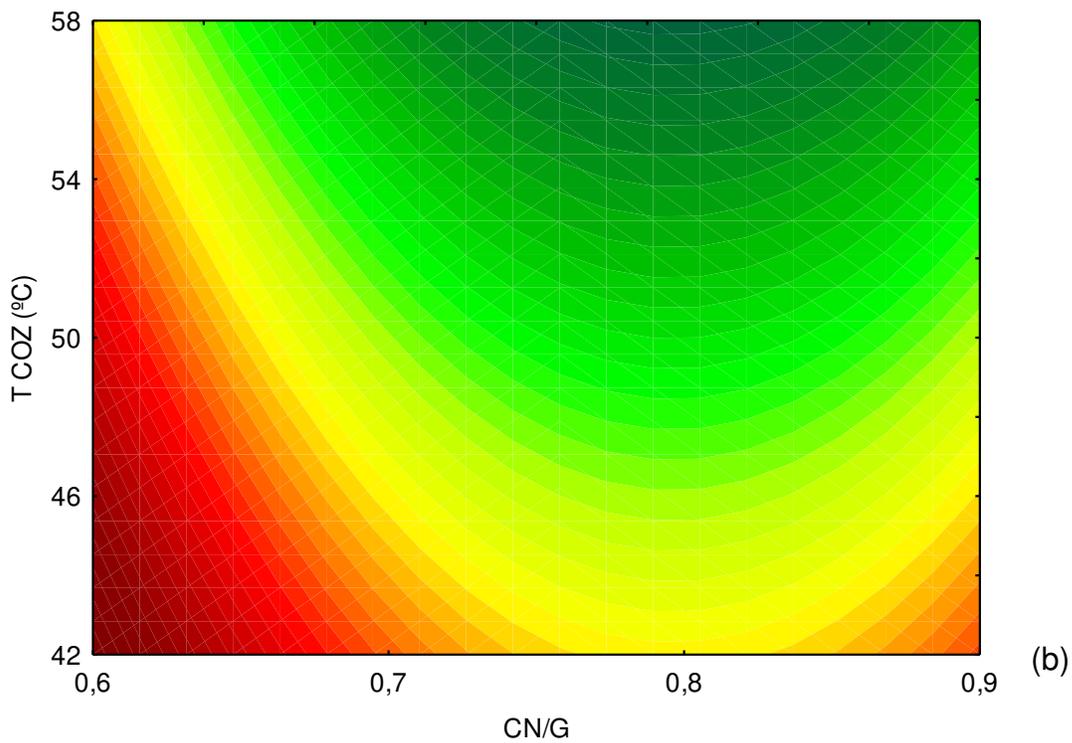
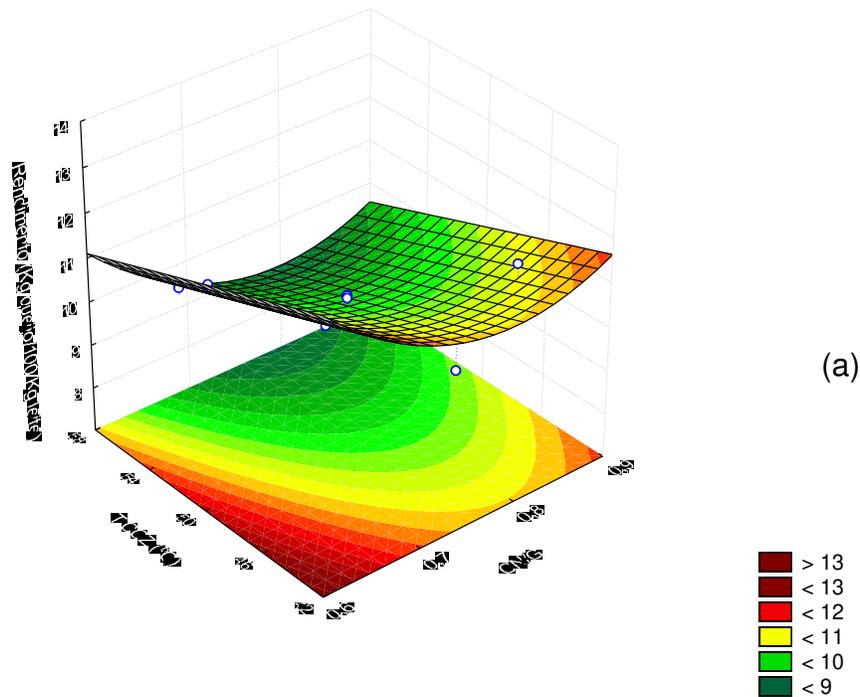


Figura 13. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o rendimento real (RR) de fabricação dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

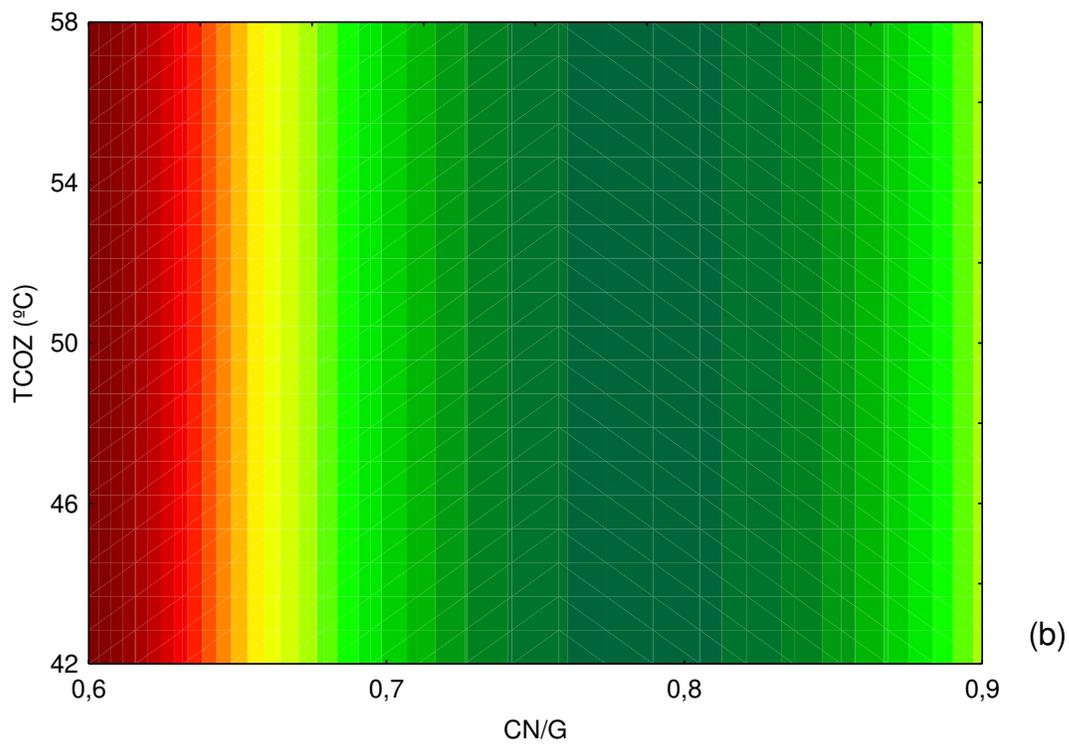
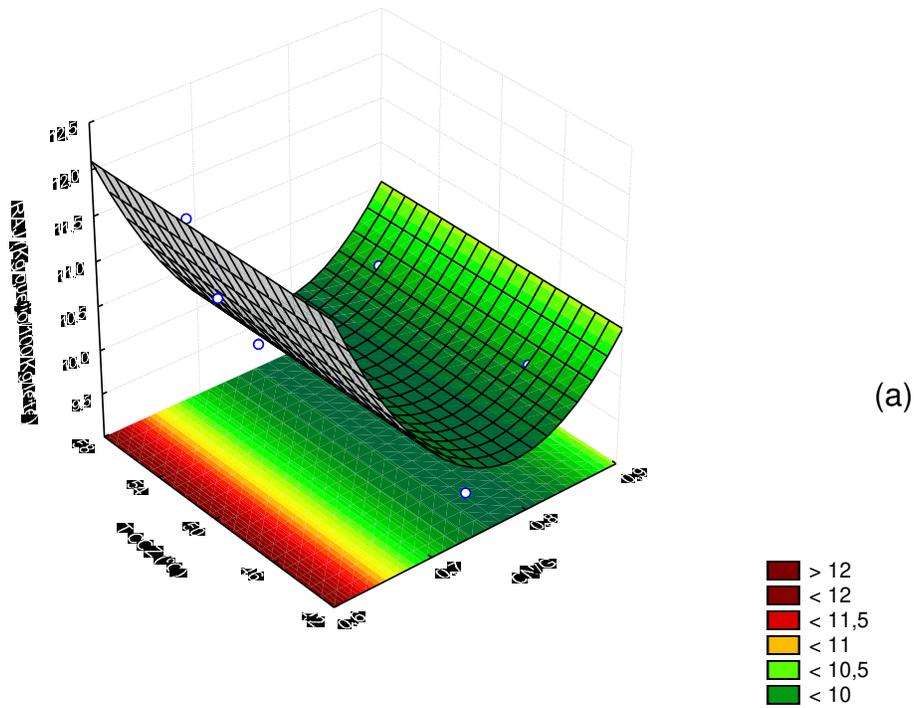


Figura 14. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o rendimento ajustado (RAJ) de fabricação dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

5.7 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

5.7.1. Evolução do pH e acidez titulável

A Tabela 17 apresenta os valores médios de pH e acidez, dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

Tabela 17. Valores médios de pH e acidez durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis Reais		pH				Acidez (% ac. láctico)			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	6,47	6,28	6,19	6,15	0,15	0,13	0,13	0,13
2	0,65	55	6,35	6,20	6,26	6,24	0,13	0,15	0,13	0,13
3	0,85	45	6,20	6,16	6,19	6,10	0,14	0,15	0,14	0,15
4	0,85	55	6,20	6,16	6,11	6,12	0,13	0,15	0,16	0,15
5	0,61	50	6,36	6,17	6,25	6,21	0,13	0,15	0,15	0,15
6	0,89	50	6,32	6,16	6,15	6,31	0,13	0,14	0,16	0,15
7	0,75	43	6,43	6,44	6,49	6,30	0,10	0,14	0,16	0,18
8	0,75	57	6,32	6,31	6,27	6,32	0,12	0,13	0,16	0,16
9	0,75	50	6,45	6,20	6,32	6,46	0,11	0,15	0,15	0,16
10	0,75	50	6,31	6,27	6,30	6,35	0,10	0,15	0,17	0,12
11	0,75	50	6,40	6,25	6,35	6,35	0,10	0,15	0,15	0,12

As Tabelas 18 e 19 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para o pH e acidez dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado, respectivamente.

Tabela 18. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o pH dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
pH dia 20	Coef.Regressão	6,39	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	0,03
	Erro-padrão	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	p-valor	<0,0001	0,0899	0,3299	0,2793	0,5990	0,4886
pH dia 40	Coef.Regressão	6,24	-0,02	-0,06	-0,03	0,05	0,02
	Erro-padrão	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
	p-valor	<0,0001	0,3316	0,0714	0,1644	0,0927	0,5161
pH dia 60	Coef.Regressão	6,32	-0,04	-0,09	-0,04	0,003	-0,04
	Erro-padrão	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	p-valor	<0,0001	0,2645	0,0525	0,2248	0,9405	0,4024
pH dia 90	Coef.Regressão	6,39	-0,004	-0,09	0,02	-0,07	-0,02
	Erro-padrão	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
	p-valor	<0,0001	0,9277	0,0828	0,6639	0,1699	0,7546

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa; (L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 19. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a acidez dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
acidez dia 20	Coef. regressão	0,118	-0,006	0,015	0,001	-0,001	-0,005
	Erro-padrão	0,013	0,008	0,009	0,008	0,009	0,011
	p-valor	0,0002	0,4949	0,1616	0,8814	0,9430	0,6809
acidez dia 40	Coef. regressão	0,150	0,001	-0,001	0,001	-0,006	-0,005
	Erro-padrão	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004
	p-valor	<0,0001	0,8121	0,7339	0,8121	0,1322	0,2803
acidez dia 60	Coef. regressão	0,157	0,008	-0,009	0,003	-0,003	0-005
	Erro-padrão	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005
	p-valor	<0,0001	0,0829	0,0871	0,5179	0,4815	0,3806
acidez dia 90	Coef. regressão	0,130	0,006	0,005	-0,003	0,014	0,001
	Erro-padrão	0,011	0,007	0,008	0,007	0,008	0,010
	p-valor	<0,0001	0,4284	0,5691	0,6449	0,1615	0,9903

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

A relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa não exerceram influência significativa ($p < 0,05$) no teor de acidez e no pH dos queijos de coalho.

As Tabelas 20 e 21 apresentam a análise de variância (ANOVA) para o pH e a acidez dos queijos de coalho, respectivamente .

A porcentagem de variação explicada foi baixa para ambas as respostas em todos os dias de armazenamento refrigerado. Isso significa que, para qualquer condição estudada, o pH e a acidez dos queijos não foram funções da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa.

Os valores de $F_{calculado}$ foram baixos e/ou menores que o valor de $F_{tabelado}$, o que indica que o modelo não é preditivo, ou seja, não há uma boa concordância entre os valores experimentais e os previstos pelo modelo (Tabela 21). Diante desses resultados, não foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de resposta e curvas de contorno. As baixas porcentagens de variação explicada (R^2) se devem, possivelmente, à baixa variabilidade entre as respostas obtidas para o pH e acidez titulável nos queijos de coalho entre os ensaios realizados (Tabela 17). O desenvolvimento da acidez nos queijos é atribuído à fermentação da lactose a ácido láctico pelas bactérias provenientes do fermento adicionado, pelos micro-organismos contaminantes e/ou sobreviventes à pasteurização (FOX; LUCEY; COGAN, 1990). Os queijos de coalho apresentaram alto valor de pH e baixa porcentagem de acidez. Estes resultados se devem ao fato do queijo de coalho ter sido fabricado com adição de ácido láctico em substituição ao fermento láctico, o que resultou em baixa produção de ácido. O alto teor de sal nos queijos (Tabela 5) também pode ter contribuído para a baixa acidificação, por inibir os micro-organismos contaminantes e/ou sobreviventes.

Tabela 20. ANOVA para o pH dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	0,05	0,06	0,08	0,06	5	5	5	5	0,01	0,01	0,001	0,01	1,53	3,55	2,29	3,55
Resíduo	0,03	0,02	0,03	0,02	5	5	5	5	0,01	0,001	0,01	0,001				
Total	0,08	0,08	0,11	0,08	10	10	10	10	0,01	0,01	0,01	0,01				

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

d20: $R^2=60,41\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,3251

d40: $R^2=78,02\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,0953

d60: $R^2=69,64\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,1922

d90: $R^2=56,04\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,0953

Tabela 21. ANOVA para a acidez dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	1,78 E-03	3,31 E-04	1,16 E-03	1,42 E-03	5	5	5	5	3,56 E-04	6,63 E-05	2,32 E-04	2,84 E-04	0,76	0,97	2,12	0,74
Resíduo	2,35 E-03	3,41 E-04	5,47 E-03	1,92 E-03	5	5	5	5	4,69 E-04	6,83 E-05	1,09 E-04	3,84 E-04				
Total	4,13 E-03	6,73 E-04	1,71 E-03	3,34 E-03	10	10	10	10	4,13 E-04	6,73 E-05	1,71 E-04	3,34 E-04				

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

d20: $R^2=43,13\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,6147

d40: $R^2=49,25\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,5129

d60: $R^2=67,98\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,2145

d90: $R^2=42,51\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,6254

As Figuras 15 e 16 mostram, respectivamente, a evolução do pH e da acidez durante os 90 dias de armazenamento refrigerado. Houve um aumento de acidez titulável ao longo do tempo, sendo acompanhado por uma redução correspondente de pH, possivelmente, devido à presença de micro-organismos contaminantes e/ou sobreviventes à pasteurização, uma vez que não foi utilizado fermento láctico para a fabricação do queijo de coalho. Assim, a variação do pH ao longo dos 90 dias de armazenamento refrigerado foi muito pequena (~ 0,3 unidades). Em queijos minas frescal avaliados por Campos (2000) houve uma redução de mais de 1 unidade de pH em, somente 20 dias.

A redução de pH pode resultar em diminuição na quantidade de cálcio ligado à micela com amolecimento da textura do queijo (CHOI *et al.*, 2008; JOHNSON; LUCEY, 2006), como ocorre com cheddar (pH 5,27 após 14 dias de fabricação; GUINNÉ *et al.*, 2007), camembert (pH 7,7-5,2; ABRAHAM *et al.*, 2007) e prato (pH 5,41 com 10 dias de fabricação; Narimatsu *et al.*, 2003). Em todos esses queijos, a queda o pH é expressiva e suficiente para resultar em diferenças na textura. O pH do queijo também influencia as propriedades funcionais mas só entre 5,35-5,0 o queijo se torna mais macio e com maior capacidade de derretimento (PASTORINO; HANSEN; MCMAHON, 2003) .

Ao final de 90 dias, o queijo de coalho ainda apresentava valores de pH acima de 6,1, ou seja, um pH elevado, o que significa um alto teor de cálcio micelar e pouco ou nenhum impacto importante nas características dos queijos após o tempo de estocagem.

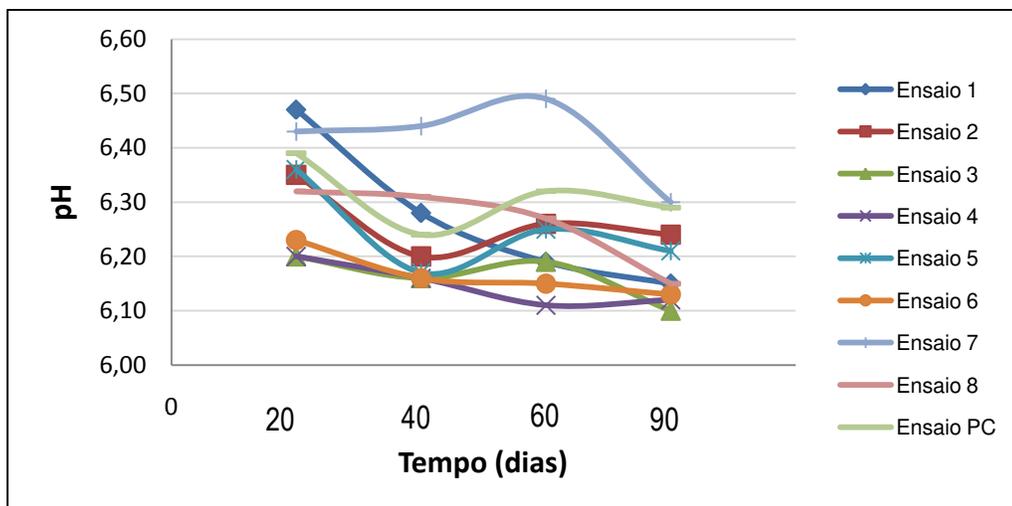


Figura 15. pH dos queijos em função do tempo de armazenamento refrigerado.

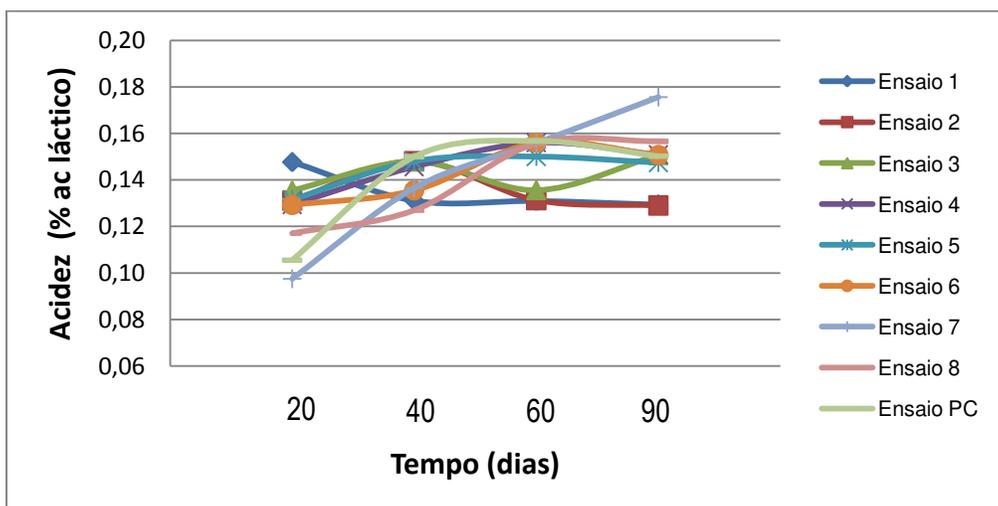


Figura 16. Acidez titulável dos queijos em função do tempo de armazenamento refrigerado.

5.7.2 Evolução da proteólise

A Tabela 22 apresenta os valores médios de extensão e profundidade de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 22. Valores médios de extensão e profundidade de proteólise durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Extensão de proteólise (%NSpH4,6/%NT)x100				Profundidade de proteólise (%NSTCA12/%NT)x100			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	6,34	6,91	8,58	10,22	0,92	0,97	1,21	1,72
2	0,65	55	4,56	5,64	6,32	7,10	0,50	0,58	0,99	1,48
3	0,85	45	5,23	5,41	6,41	8,32	0,81	1,27	1,92	2,16
4	0,85	55	3,40	4,53	5,47	5,70	0,62	1,04	1,25	1,42
5	0,61	50	5,82	6,70	8,48	8,42	0,83	0,97	0,98	1,19
6	0,89	50	4,56	5,40	6,09	7,05	0,76	1,12	1,40	1,92
7	0,75	43	4,20	4,77	6,13	8,38	0,78	0,81	0,85	0,98
8	0,75	57	3,87	4,22	5,21	5,16	0,52	0,71	0,77	0,98
9	0,75	50	6,87	7,59	9,83	10,64	0,98	0,91	1,18	1,74
10	0,75	50	7,10	7,56	9,77	9,62	0,97	1,27	1,43	1,74
11	0,75	50	7,02	7,89	9,68	10,44	0,95	1,14	1,21	1,75

5.7.2.1 Extensão de proteólise

A Tabela 23 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a extensão de proteólise dos queijos de coalho.

A relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa afetaram significativamente ($p < 0,05$) a extensão de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Os modelos ajustados para a extensão da proteólise (EP) nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado são, respectivamente, detalhados nas equações 27, 28, 29 e 30, apresentadas abaixo:

$$EP_{d20} = 6,99 - 0,51CN/G - 0,83CN/G^2 - 0,51T_{coz} - 1,41T_{coz}^2 \quad (27)$$

$$EP_{d40} = 7,68 - 0,55CN/G - 0,73CN/G^2 - 0,36T_{coz} - 1,51T_{coz}^2 \quad (28)$$

$$EP_{d60} = 9,76 - 0,80CN/G - 1,18CN/G^2 - 0,56T_{coz} - 1,99T_{coz}^2 \quad (29)$$

$$EP_{d90} = 10,23 - 1,10CN/G^2 - 1,29T_{coz} - 1,59T_{coz}^2 \quad (30)$$

A análise de variância (ANOVA) para a extensão da proteólise foi realizada, considerando-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), e os resultados são apresentados na Tabela 24. Os parâmetros estatisticamente não significativos foram eliminados do modelo e adicionados aos resíduos. Os coeficientes de determinação (R^2) foram iguais a 91,95% (dia 20), 96,17% (dia40), 96,96% (dia60) e 95,07% (dia90). O teste F foi altamente significativo em todos dos dias de armazenamento refrigerado, indicando que os modelos obtidos foram preditivos. A Figura 17 (a e b) apresenta a superfície de resposta e a curva de contorno para a extensão da proteólise no dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 23. Coeficientes de regressão, erro padrão, e p-valor para a extensão de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
Extensão de proteólise dia 20	Coef. regressão	6,99	-0,51	-0,83	-0,51	-1,41	-0,01
	Erro-padrão	0,31	0,19	0,23	0,19	0,23	0,19
	p-valor	<0,0001	0,0445	0,0141	0,0432	0,0015	0,9642
Extensão de proteólise dia 40	Coef. regressão	7,68	-0,56	-0,73	-0,36	-1,51	0,10
	Erro-padrão	0,20	0,13	0,15	0,13	0,15	0,18
	p-valor	<0,0001	0,0068	0,0046	0,0336	0,0002	0,6019
Extensão de proteólise dia 60	Coef. regressão	9,76	-0,80	-1,18	-0,56	-1,99	0,33
	Erro-padrão	0,19	0,12	0,14	0,12	0,14	0,17
	p-valor	<0,0001	0,0011	0,0004	0,0052	0,0001	0,1061
Extensão de proteólise dia 90	Coef. regressão	10,23	-0,65	-1,10	-1,29	-1,59	0,12
	Erro-padrão	0,33	0,20	0,24	0,20	0,24	0,29
	p-valor	<0,0001	0,0241	0,0062	0,0015	0,0013	0,6906

CN/G –relação CN/G do leite ; TCOZ – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 24. ANOVA para a extensão de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	16,46	16,84	32,27	33,40	4	4	4	4	4,12	4,21	8,07	8,35	17,14	37,74	47,82	28,93
Resíduo	1,44	0,67	1,01	1,73	6	6	6	6	0,24	0,11	0,17	0,29				
Total	17,90	17,51	33,28	35,13	10	10	10	10	1,79	1,75	3,33	3,51				

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

d20: $R^2=91,95\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0020

d40: $R^2=96,17\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0002

d60: $R^2=96,96\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0001

d90: $R^2=95,07\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0005

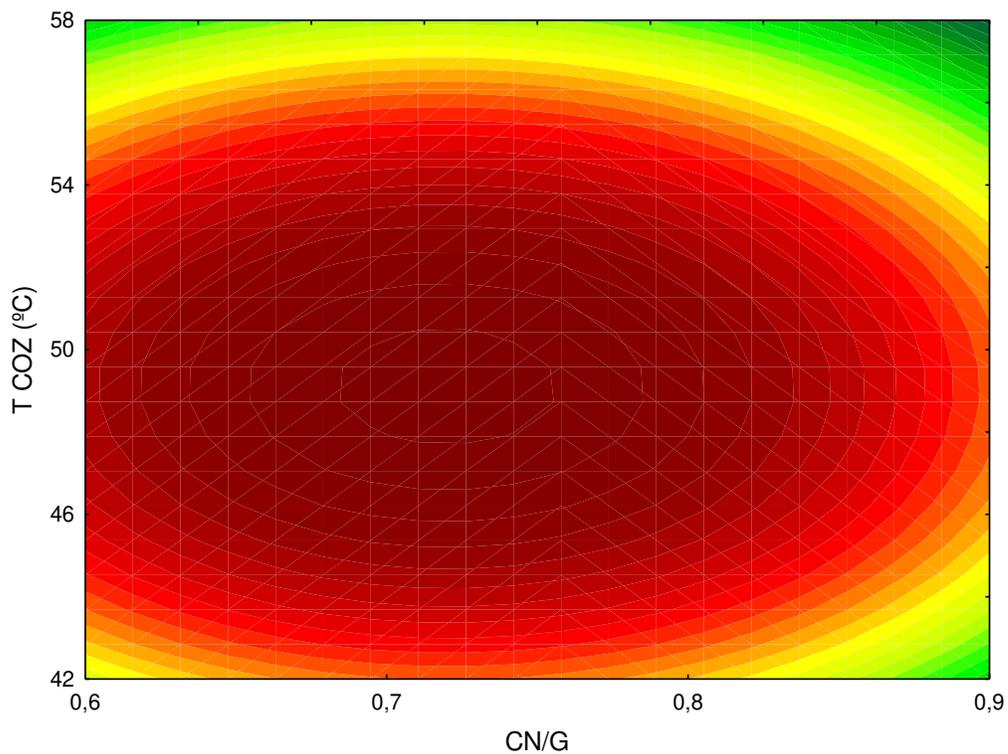
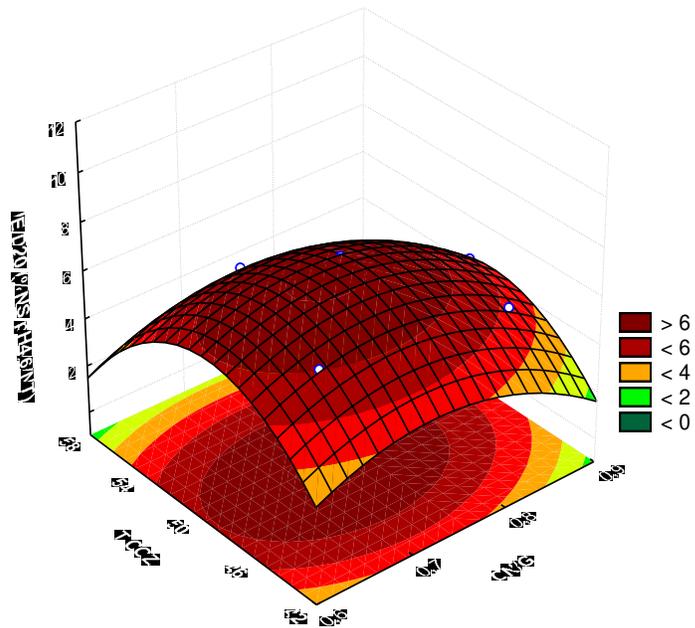


Figura 17. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a extensão de proteólise para os queijos de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

O índice de extensão de proteólise se mostrou menor na região compreendendo temperaturas de cozimento da massa maior que 55°C e relação CN/G do leite maior que 0,8 (Figura 17). A extensão da proteólise se refere à proteólise primária que ocorre nos queijos sendo que os principais agentes proteolíticos envolvidos são o coagulante residual e a plasmina. A elevação de temperatura de cozimento da massa possivelmente provocou uma desnaturação térmica parcial do coagulante que foi utilizado na fabricação do queijo de coalho, resultando em menor atividade proteolítica. Resultados semelhantes foram encontrados por Sheehan et al. (2007) que avaliaram o efeito do aumento da temperatura de cozimento da massa, de 47°C para 53°C, em queijos semi-duros e verificaram que ocorreu uma diminuição no índice de extensão da proteólise quanto maior foi a temperatura de cozimento da massa, o que foi atribuído à desnaturação parcial do coagulante e conseqüente redução na hidrólise da α_{S1} -CN. Além disto, como já explicado por Guinné (2004), o maior teor de caseína no leite promove maior interação e contração da matriz protéica, que associada à elevada temperatura, resultou em maior sinérese do gel e queijos menos úmidos, o que também colaborou para diminuir a velocidade da extensão de proteólise.

A análise da superfície de resposta (Figura 17 (a e b)) mostra uma ampla região, que abrange praticamente toda a faixa de estudo, onde a extensão de proteólise variou muito pouco, independente da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa utilizadas. Isso indica que, apesar da significância estatística, dentro da faixa avaliada, a variação foi pequena e com pouca importância prática.

A Figura 18 apresenta a evolução da proteólise com o tempo de armazenamento refrigerado e a Figura 19 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de respostas da extensão de proteólise durante o armazenamento.

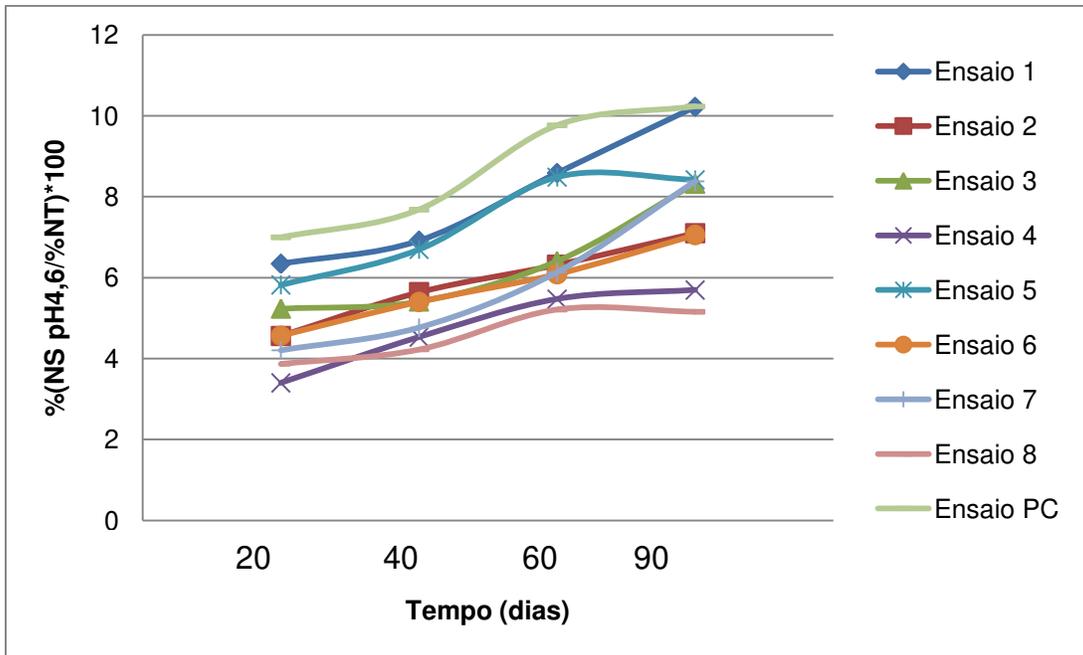


Figura 19. Evolução da extensão da proteólise nos queijos de coalho durante o armazenamento refrigerado.

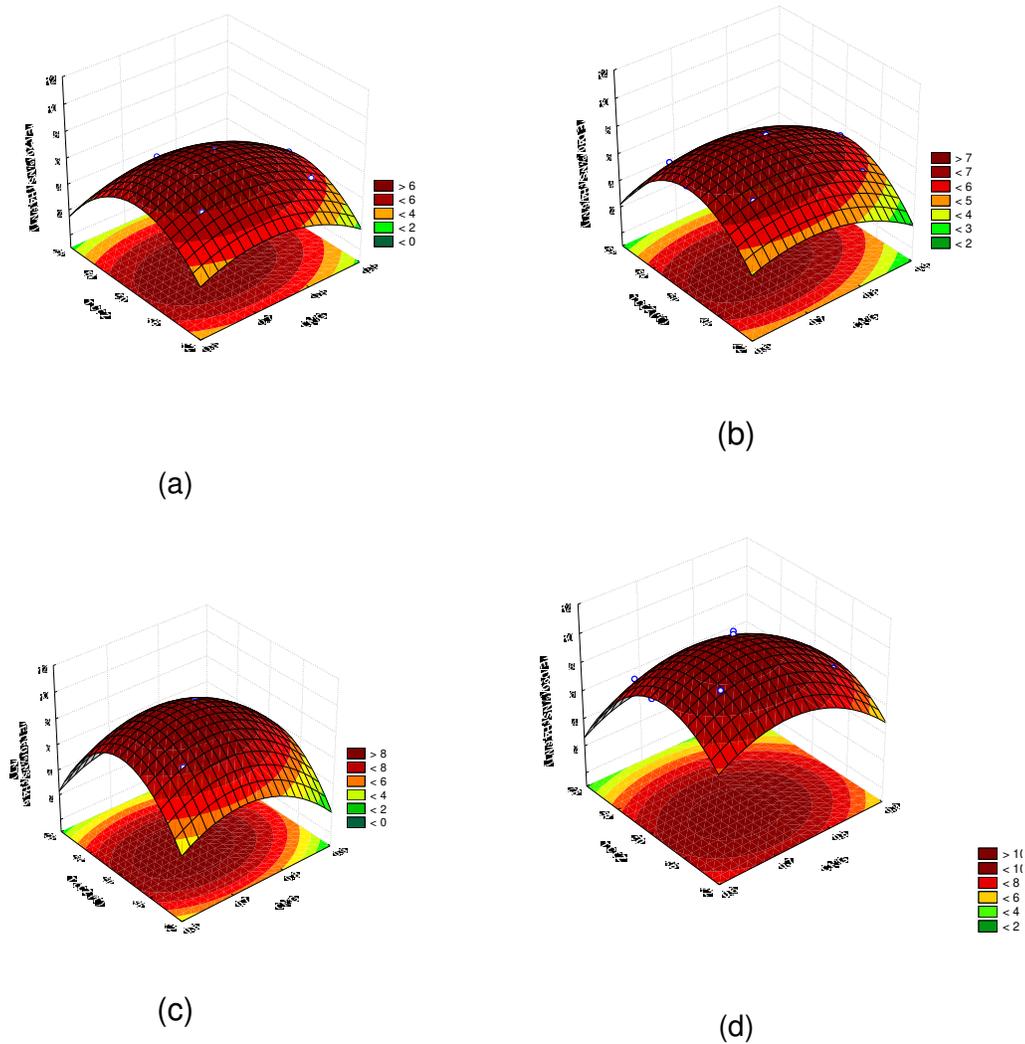


Figura 19. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a evolução da extensão de proteólise durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60; (d) dia 90.

As Figuras 18 e 19 mostram que houve um aumento da extensão de proteólise dos queijos de coalho, em torno de 6% a 10% NS pH4,6/NT, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado. Resultados similares foram encontrados por Mamede (2009) e Sheeran et al. (2007) que estudaram a influência da temperatura de cozimento da massa na proteólise dos queijos de coalho e queijos semi-duros, respectivamente e, encontraram valores em torno de 6 a 14% NS pH4,6/NT durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

No entanto, esses valores podem ser considerados baixos assim como a variação ocorrida durante os 90 dias, se compararmos com queijos que foram adicionados de culturas lácticas e utilizaram menores temperatura de cozimento da massa, como por exemplo o queijo prato, onde Narimatsu et al. (2003) encontraram valores em torno de 9 a 16% NS pH4,6/NT em 45 dias de armazenamento refrigerado.

5.7.2.2 Profundidade da proteólise

A Tabela 25 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a profundidade de proteólise dos queijos de coalho.

A relação CN/G do leite, a temperatura de cozimento da massa e a interação dos dois fatores afetaram significativamente ($p < 0,05$) a profundidade da proteólise dos queijos de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado. Já nos dias 40, 60 e 90, nem a relação CN/G do leite e nem a temperatura de cozimento da massa exerceram influência significativa ($p < 0,05$) na profundidade da proteólise.

O modelo ajustado, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a profundidade de proteólise (PP) no dia 20 de armazenamento refrigerado é apresentado na equação 31.

$$PP_{d20} = 0,96 - 0,09CN/G - 0,12 T_{coz} - 0,16T_{coz}^2 + 0,06CN/G * T_{coz} \quad (31)$$

A Tabela 26 apresenta a análise de variância (ANOVA), eliminando-se os parâmetros não estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a profundidade de proteólise do queijo. A porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual a 96,47% no dia 20 de armazenamento refrigerado. O teste de F foi altamente significativo, com F calculado de 9 vezes maior que o F tabelado, indicando que o modelo obtido é preditivo para o dia 20 de armazenamento refrigerado. Assim, foi possível construir a superfície de resposta e curva de contorno para profundidade de proteólise no dia 20, mostrada na Figura 20 (a e b).

Para os dias 40, 60 e 90, a porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual 71, 50%, 64,12% e 63,32%, respectivamente. Os valores de $F_{\text{calculado}}$ foram menores que o valor de F_{tabelado} , o que indica que o modelo não é preditivo, ou seja, não há uma boa concordância entre os valores experimentais e os previstos pelo modelo. Diante desses resultados, não foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de resposta e curvas de contorno para os dias 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

A baixa porcentagem de variação explicada (R^2) verificada é devida à baixa variabilidade obtida entre as repostas, nas condições estudadas, indicando que, a profundidade de proteólise nestes dias, não foi função da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa. Este resultado era esperado, uma vez que na fabricação do queijo de coalho não foi adicionado cultura láctea, que é o grande responsável pela proteólise secundária (profundidade) nos queijos.

Tabela 25. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a profundidade de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
Profundidade de proteólise dia 20	Coef.regressão	0,96	-0,01	-0,09	-0,12	-0,16	0,06
	Erro-padrão	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
	p-valor	<0,0001	0,4738	0,0049	0,0005	0,0003	0,0421
Profundidade de proteólise dia 40	Coef.regressão	1,11	0,12	-0,02	-0,09	-0,16	0,04
	Erro-padrão	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08
	p-valor	<0,0001	0,0905	0,8366	0,1633	0,0744	0,6587
Profundidade de proteólise dia 60	Coef.regressão	1,28	0,19	0,04	-0,13	-0,15	-0,11
	Erro-padrão	0,16	0,09	0,11	0,09	0,11	0,13
	p-valor	0,0004	0,0983	0,7140	0,2392	0,2515	0,4380
Profundidade de proteólise dia 90	Coef.regressão	1,74	0,18	0,01	-0,12	-0,28	-0,12
	Erro-padrão	0,19	0,12	0,14	0,12	0,14	0,16
	p-valor	0,0003	0,1874	0,9281	0,3293	0,1006	0,4820

CN/G –relação CN/G do leite ; TCOZ – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 26. ANOVA para a profundidade de proteólise dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	0,29	0,34	0,65	0,92	4	4	5	5	0,07	0,09	0,13	0,18	40,94	3,76	1,79	1,73
Resíduo	0,01	0,14	0,36	0,53	6	6	5	5	1,75 E-03	0,02	0,07	0,11				
Total	0,30	0,48	1,01	1,45	10	10	10	10	0,03	0,05	0,10	0,15				

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

d20: $R^2=96,47\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0002

d40: $R^2=71,50\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0729

d60: $R^2=64,12\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,2692

d90: $R^2=63,32\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,2811

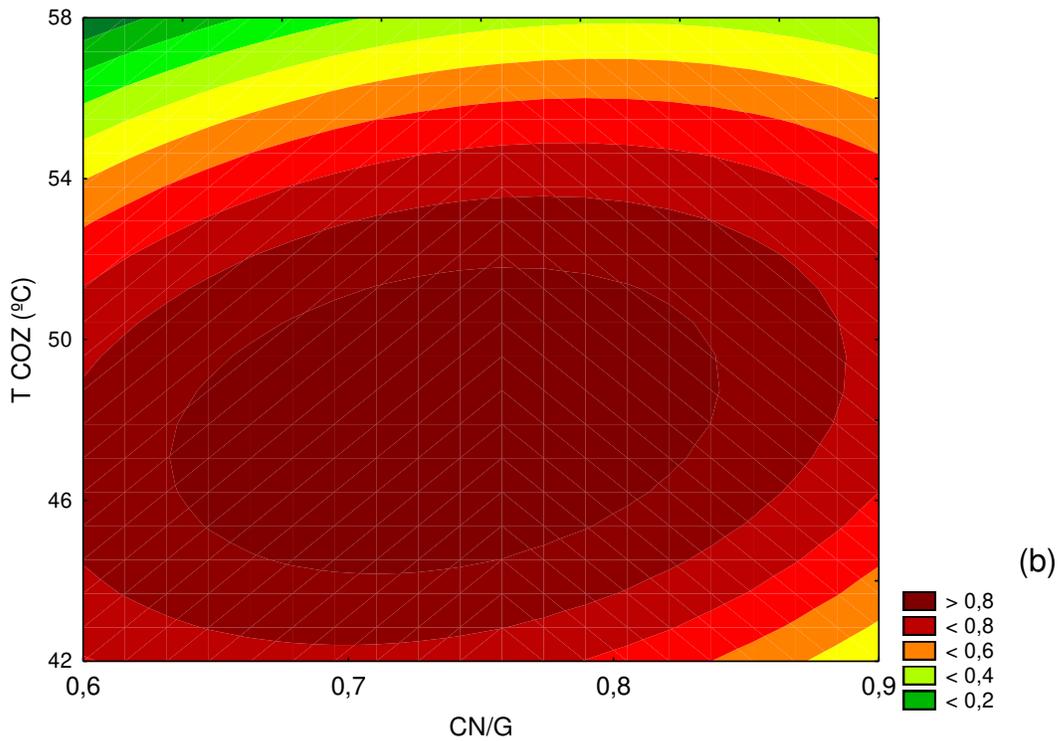
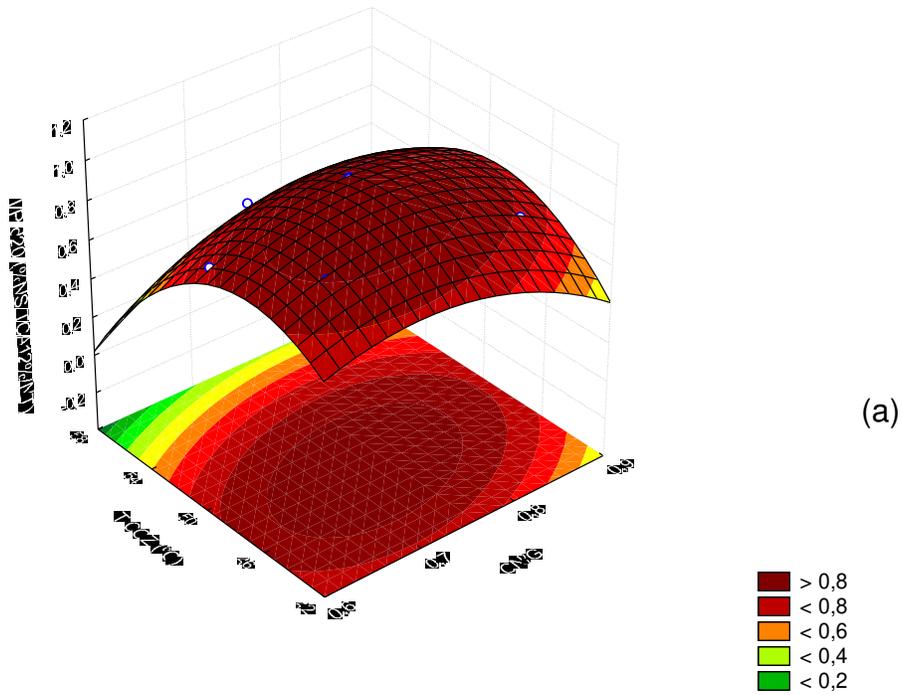


Figura 20. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a profundidade de proteólise no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

A análise da superfície de resposta e curva de contorno, Figura 20 (a e b), mostra que praticamente não houve diferença significativa no índice de profundidade da proteólise dos queijos de coalho para os diferentes valores de relação CN/G do leite, e que a elevação de temperatura de cozimento da massa, para valores acima de 54°C, exerceu influencia negativa na profundidade da proteólise. Como o índice de profundidade da proteólise se refere a atuação proteolítica das proteinases e peptidases provenientes principalmente do metabolismo das bactérias lácteas do fermento láctico e/ou sobreviventes à pasteurização (NSLAB), e os queijos de coalho foram fabricados com adição de ácido láctico em substituição à cultura láctica, se justifica os baixos valores encontrados, em torno de 0,8% de NSTCA12%/NT, quando comparados com variedades de queijos que foram adicionados de cultura láctica. A elevação da temperatura de cozimento da massa causou a inativação parcial/total dos NSLAB resultando em valores de índice de profundidade de proteólise ainda mais baixos, em torno de 0,2% a 0,4% de NS TCA12%/NT.

A Figura 21 mostra a evolução da profundidade de proteólise nos queijos de coalho, para cada ensaio, durante o tempo de armazenamento refrigerado. Houve uma tendência de aumento da profundidade de proteólise ao longo do tempo, possivelmente devido à presença dos microorganismos contaminantes e/ou sobreviventes à pasteurização. Entretanto, a variação com o tempo foi muito pequena e não significativa, do ponto de vista prático.

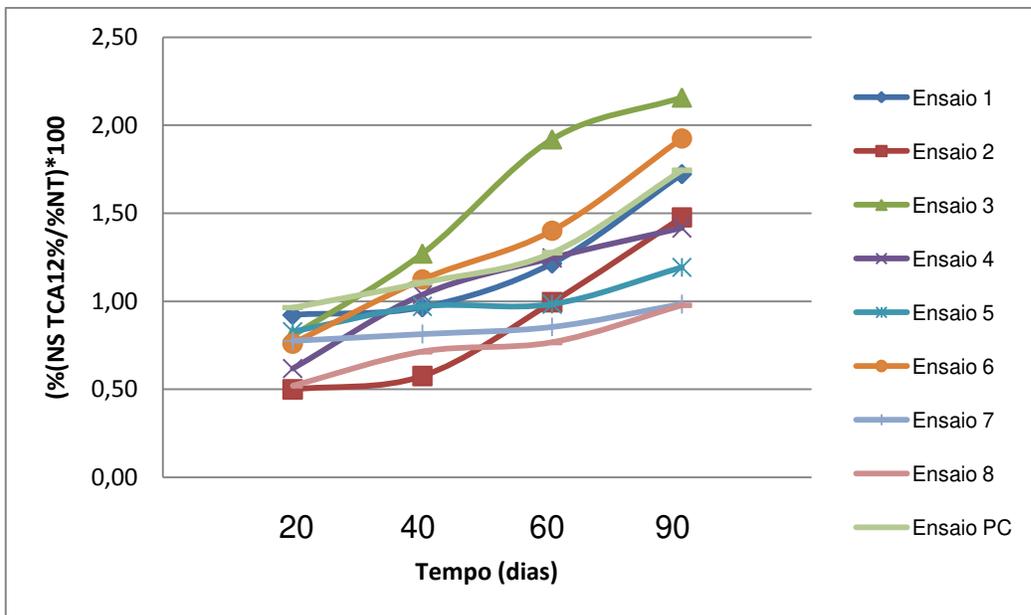


Figura 21. Evolução da profundidade da proteólise nos queijos de coalho durante o armazenamento refrigerado.

5.7.3 PRODUÇÃO DE DIACETIL

A Tabela 27 apresenta os valores médios da produção de diacetil nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Tabela 27. Valores médios da produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Produção de diacetil (mg diacetil /Kg queijo)			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	33,60	75,37	48,07	80,09
2	0,65	55	44,78	81,07	52,87	78,67
3	0,85	45	69,93	88,23	79,58	63,73
4	0,85	55	20,82	44,60	67,96	42,62
5	0,61	50	54,97	77,20	57,04	79,11
6	0,89	50	42,13	64,73	81,67	52,47
7	0,75	43	13,80	36,62	71,80	62,67
8	0,75	57	11,53	32,31	69,91	57,84
9	0,75	50	54,40	111,95	111,18	90,62
10	0,75	50	61,38	110,97	104,93	97,82
11	0,75	50	45,00	109,29	101,58	84,31

A Tabela 28 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a produção de diacetil nos queijos de coalho.

Tabela 28. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Produção de diacetil dia 20	Coef.Regressão	56,93	-0,72	-1,27	-5,14	-19,21	-15,07
	Erro-padrão	6,16	3,77	4,49	3,77	4,49	5,34
	p-valor	0,0002	0,8559	0,7888	0,2312	0,0079	0,0369
Produção de diacetil dia 40	Coef.Regressão	110,74	-4,40	-19,89	-1,51	-38,14	19,60
	Erro-padrão	8,05	5,69	6,36	5,69	6,36	9,86
	p-valor	<0,0001	0,4747	0,0261	0,8009	0,0019	0,1035
Produção de diacetil dia 60	Coef.Regressão	105,90	10,18	-20,27	-1,19	-19,52	-4,11
	Erro-padrão	3,60	2,21	2,63	2,21	2,63	3,12
	p-valor	<0,0001	0,0058	0,0006	0,6137	0,0007	0,2452
Produção de diacetil dia 90	Coef.Regressão	90,92	-11,26	-11,75	-3,67	-14,52	-4,92
	Erro-padrão	3,37	2,06	2,46	2,06	2,46	2,92
	p-valor	<0,0001	0,0028	0,0050	0,1357	0,0020	0,1527

CN/G –relação CN/G do leite ; TCOZ – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa afetaram significativamente a produção de diacetil nos queijos de coalho nos dias 40, 60 e 90. No dia 20 de armazenamento refrigerado a Tcoz da massa e a interação dos dois fatores exerceram influência significativa na produção de diacetil.

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a produção de diacetil (PD) nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado são apresentados nas equações 32, 33, 34 e 35, respectivamente.

$$PD_{d20} = 55,73 - 18,83T_{coz}^2 - 15,07CN/G \times T_{coz} \quad (32)$$

$$PD_{d40} = 110,74 - 14,99CN/G - 33,24T_{coz} \quad (33)$$

$$PD_{d60} = 105,90 + 10,18CN/G - 2,27CN/G^2 - 19,52T_{coz}^2 \quad (34)$$

$$PD_{d90} = 90,92 - 11,26CN/G - 14,52 T_{coz}^2 \quad (35)$$

A análise de variância (ANOVA) para a produção de diacetil foi realizada, eliminando-se os termos estatisticamente não significativos ($p < 0,05$), e os resultados são mostrados na Tabela 29. Os coeficientes de determinação (R^2) foram iguais a 79,61% (dia 20), 76,51% (dia40), 94,00% (dia60) e 87,17% (dia90). Para os dias 20, 40, 60 e 90, o teste de F foi significativo com valor de Fcalculado de 3,5 a 8,4 vezes maior que Ftabelado, indicando que os modelos obtidos são preditivos, sendo possível construir as superfícies de respostas e curvas de contorno da formação de diacetil nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado, em relação à temperatura de cozimento da massa e da relação CN/G do leite.

A Figura 22 (a e b) mostra a superfície de resposta e curva de contorno para a formação de diacetil no dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 29. ANOVA para a produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	3102,33	8371,86	4284,44	2550,47	2	2	3	3	1551,17	3202,74	1428,15	850,16	15,62	13,03	36,58	15,86
Resíduo	794,58	1966,38	273,30	375,16	8	8	7	7	99,32	245,80	39,04	53,59				
Total	3896,91	8371,86	4557,74	2925,63	10	10	10	10	389,69	837,19	455,77	292,56				

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

d20: $R^2=79,61\%$ $F_{2;8;0,05}=4,46$ p-valor=0,0017

d40: $R^2=76,51\%$ $F_{2;8;0,05}=4,46$ p-valor=0,0030

d60: $R^2=94,00\%$ $F_{3;7;0,05}=4,35$ p-valor=0,0001

d90: $R^2=87,18\%$ $F_{3;7;0,05}=4,35$ p-valor=0,0017

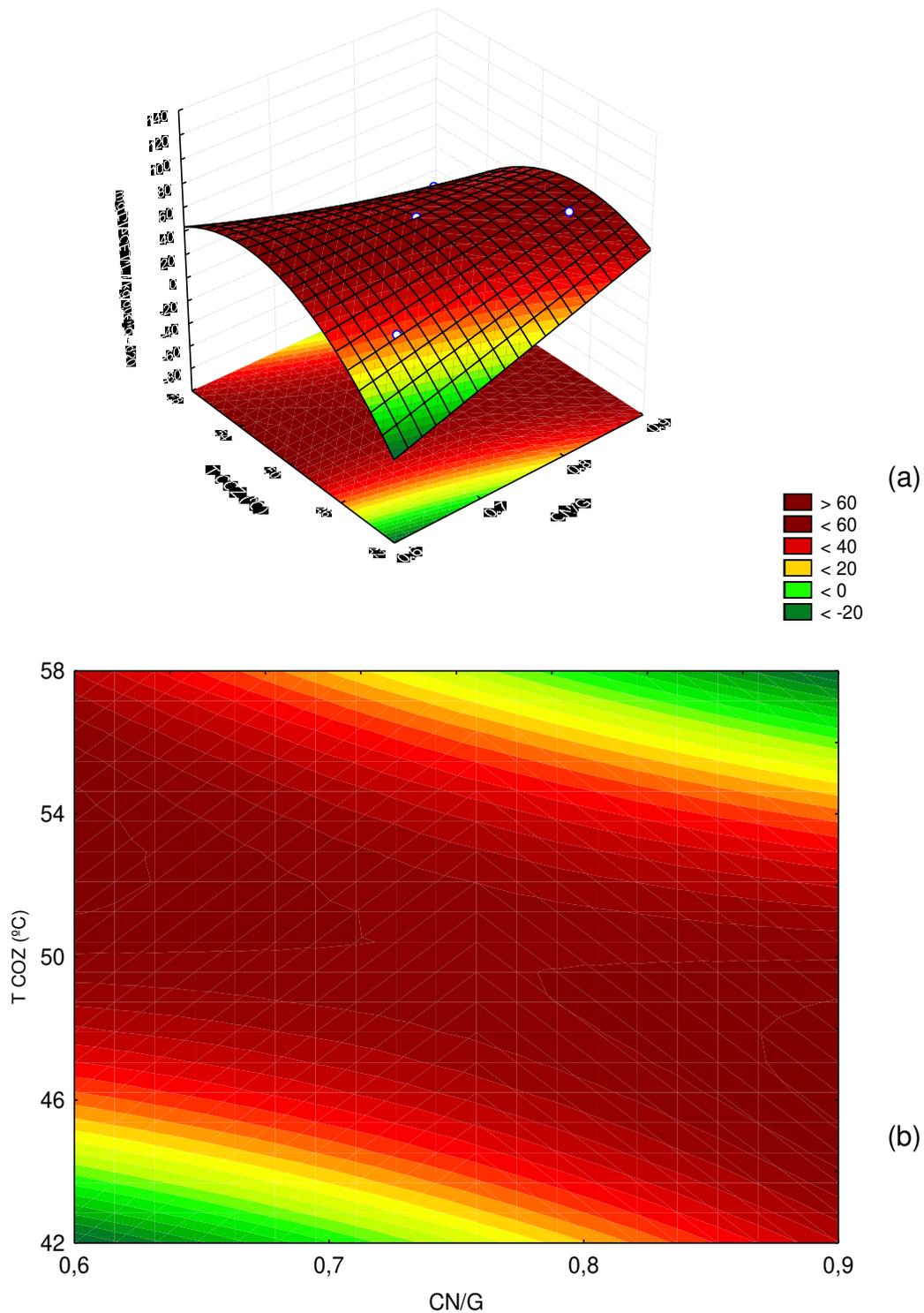


Figura 22. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a produção de diacetil no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

Pela análise da superfície de resposta e curva de contorno (Figura 22 (a e b)), pode ser observado que o aumento da temperatura de cozimento da massa favoreceu o aumento da formação do diacetil no queijo. Entretanto, a relação CN/G do leite exerceu pouca influência na formação do diacetil. Resultados similares foram encontrados por Mamede (2009) que avaliou a formação de diacetil em queijo de coalho industrializado e verificou que elevadas temperaturas de cozimento da massa acabaram por selecionar as bactérias do gênero *Enterococcus*, com aumento correspondente na formação de diacetil. De acordo com Perri *et al.*,(2007), as bactérias deste gênero constituíram a microbiota dominante em queijos de coalho industrializados e foram atribuídos como os principais responsáveis pela formação de diacetil nesses queijos.

A Figura 23 apresenta a evolução da produção de diacetil durante o tempo de armazenamento refrigerado e a Figura 24 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta na produção de diacetil para os dias 20, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

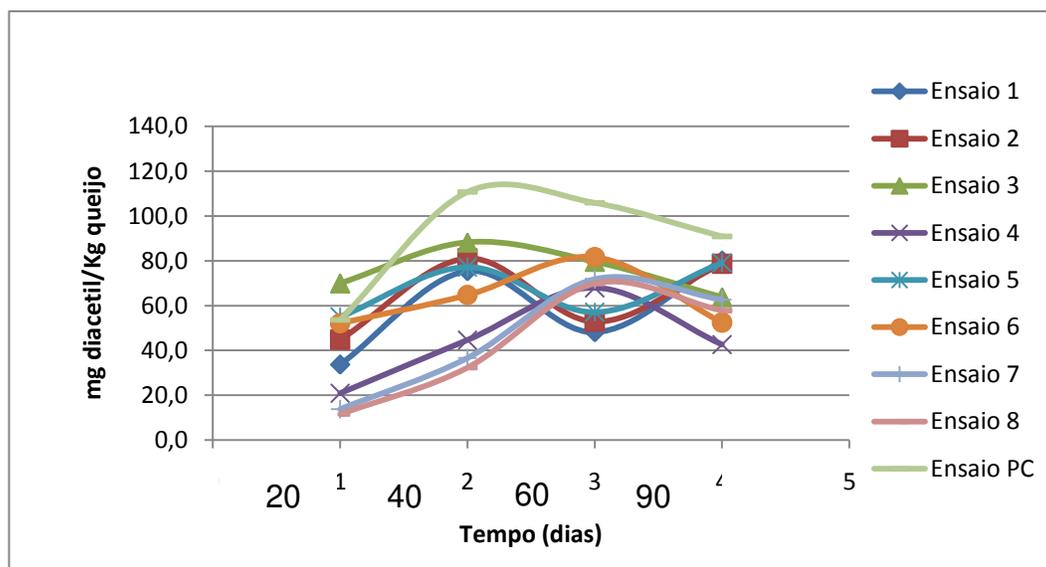


Figura 23. Produção de diacetil nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Em geral, houve, uma tendência ao aumento do teor de diacetil ao longo do armazenamento refrigerado, com teores de diacetil em torno de 60 a 80 mg diacetil/Kg queijo. A maior formação de diacetil ocorreu nos ensaios do ponto central PC (E9, E10 e E11), com relação CN/G=0,75 e Tcoz=50°C, onde os teores de diacetil foram sempre os mais elevados, a qualquer tempo de armazenamento (cerca de 90 mg diacetil/kg queijo).

Entretanto, o desenvolvimento de diacetil e a quantidade formada foram diferentes e, apesar da influência da relação CN/G e principalmente a Tcoz massa, a microbiota presente no leite deve ter sido o fator mais importante. O pico de formação de diacetil aconteceu nos dias 40 e 60 de armazenamento refrigerado. Resultados similares a estes, foram encontrados por Mamede (2009) em queijos de coalho e por Menéndez (2000) em queijos Arzua-Ulloa. A variação na produção de diacetil pode ser atribuída à microbiota, a quantidade e espécie de *Enterococcus*, principal responsável pela produção de diacetil, presentes no leite utilizado para a fabricação do queijo de coalho.

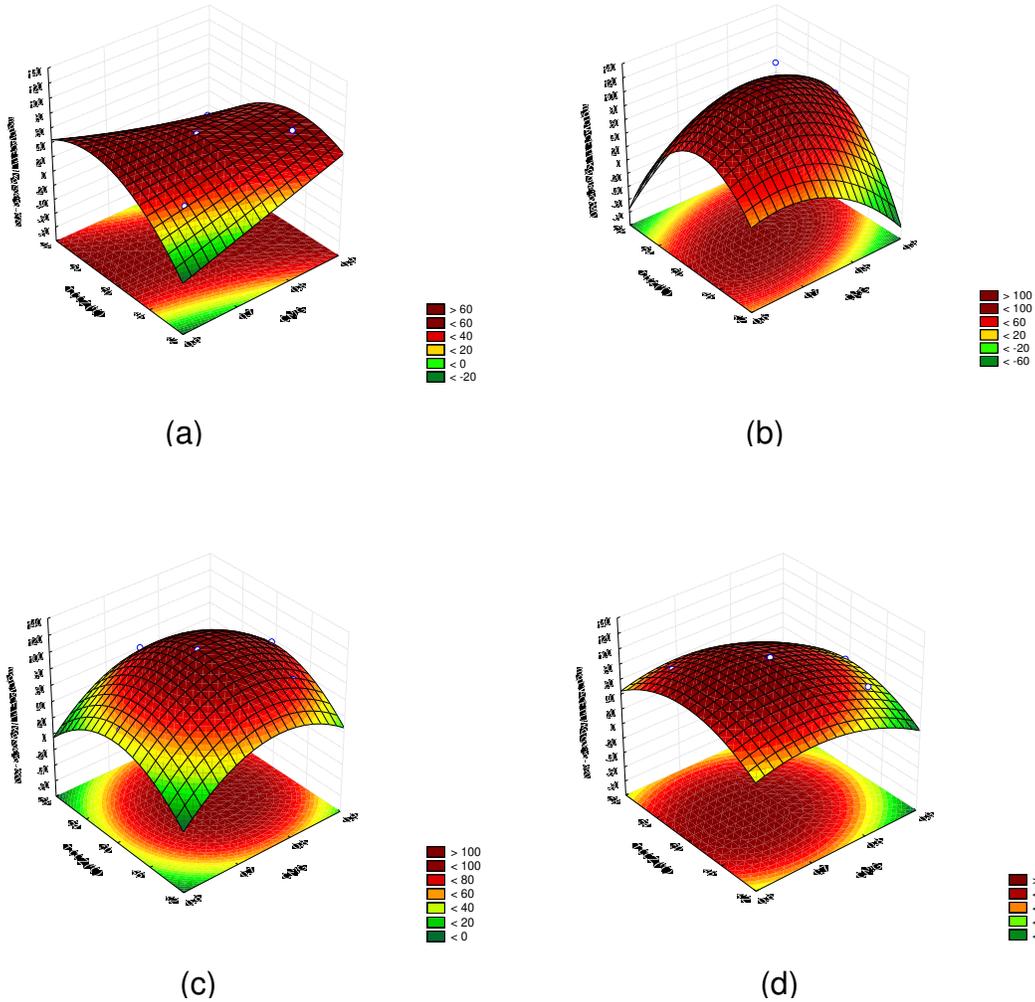


Figura 24. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a evolução da produção de diacetil durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) 90.

A análise da Figura 24 mostra que, independente do tempo de armazenamento refrigerado, a máxima formação de diacetil ocorreu para os queijos fabricados com leite na relação CN/G=0,75 e $T_{coz}=50^{\circ}\text{C}$. Em geral, a região estudada foi a região de ótima formação de diacetil; sendo que a quantidade formada é provavelmente função da população de micro-organismos produtores de diacetil presentes no leite usado na fabricação queijo.

5.7.4 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

A capacidade de derretimento e a formação de óleo livre estão entre as mais importantes propriedades funcionais em queijos. Para o queijo de coalho destinado a ser usado em grelhas, é desejável baixo derretimento e pequena liberação de óleo livre.

A Tabela 30 apresenta os valores médios da capacidade de derretimento e da formação de óleo livre nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 30. Valores médios da capacidade de derretimento e da formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Capacidade de derretimento (cm)				Formação de Óleo livre (%)			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	3,5	3,5	3,6	3,6	7,88	8,00	6,25	7,25
2	0,65	55	3,5	3,5	3,6	3,6	10,88	9,10	7,50	10,00
3	0,85	45	3,5	3,5	3,6	3,5	4,13	2,75	2,00	4,13
4	0,85	55	3,5	3,5	3,6	3,5	5,25	4,38	5,25	5,50
5	0,61	50	3,5	3,5	3,5	3,5	10,10	10,38	7,38	10,25
6	0,89	50	3,5	3,5	3,6	3,5	3,00	2,50	3,75	3,75
7	0,75	43	3,5	3,7	3,6	3,7	4,88	5,75	4,13	6,75
8	0,75	57	3,6	3,6	3,7	3,7	10,00	11,13	9,25	9,00
9	0,75	50	3,5	3,6	3,6	3,5	4,50	6,25	5,50	7,00
10	0,75	50	3,5	3,5	3,6	3,6	3,00	5,63	6,50	8,00
11	0,75	50	3,5	3,6	3,5	3,6	4,50	6,38	6,50	7,00

5.7.4.1 CAPACIDADE DE DERRETIMENTO

A Tabela 31 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a capacidade de derretimento dos queijos de coalho.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa não afetaram significativamente ($p < 0,05$) a capacidade de derretimento dos queijos de coalho em todos os dias de armazenamento refrigerado.

A análise de variância (ANOVA) para a capacidade de derretimento dos queijos de coalho está apresentada na Tabela 32. A porcentagem de variação explicada (R^2) foi igual a 58,75% (dia20); 56,81% (dia 40); 59,89% (dia 60) e 73,04% (dia90). O teste de F não foi significativo, com valores de Fcalculado menores que o valor de Ftabelado, o que indica que o modelo obtido não é preditivo. Assim, não foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de resposta e curvas de contorno para a capacidade de derretimento do queijo de coalho em todos os dias de armazenamento refrigerado. As baixas porcentagens de variação explicada (R^2) se devem, possivelmente, à baixa variabilidade entre as respostas obtidas entre os ensaios realizados (Tabela 30). Isso indica que, para qualquer condição avaliada, a capacidade de derretimento foi praticamente a mesma, ou seja, ela não foi função da relação CN/G do leite e da Tcoz da massa. Assim, era previsível que o efeito de nenhuma das variáveis de estudo apresentasse significância estatística ($p < 0,05$). Este resultado pode ser considerado bastante satisfatório, uma vez que a manutenção da forma física original (sem derreter) durante o tempo de grelhagem, é o principal requisito de qualidade esperado pelo consumidor e fator determinante na compra do produto.

Tabela 31. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a capacidade de derretimento nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
Capacidade de derretimento dia 20	Coef. regressão	3,500	<0,0001	-0,006	0,018	0,018	<0,001
	Erro-padrão	0,016	0,009	0,011	0,009	0,011	0,014
	p-valor	<0,0001	1,000	0,611	0,128	0,165	1,000
Capacidade de derretimento dia 40	Coef. regressão	3,566	<0,0001	-0,052	-0,017	0,023	<0,0001
	Erro-padrão	0,033	0,020	0,024	0,020	0,0243	0,029
	p-valor	<0,0001	1,000	0,165	0,478	0,445	1,000
Capacidade de derretimento dia 60	Coef. regressão	3,566	0,018	-0,008	0,017	0,042	<0,0001
	Erro-padrão	0,033	0,020	0,024	0,020	0,024	0,029
	p-valor	<0,0001	0,478	0,764	0,478	0,228	1,000
Capacidade de derretimento dia 90	Coef. regressão	3,566	<0,0001	-0,046	-0,025	0,054	<0,0001
	Erro-padrão	0,033	0,020	0,024	0,020	0,024	0,028
	p-valor	<0,0001	1,000	0,199	0,345	0,155	1,000

CN/G –relação CN/G do leite ; TCOZ – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 32. ANOVA para a capacidade de derretimento nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	0,005	0,027	0,017	0,045	5	5	5	5	0,001	0,005	0,003	0,009	1,42	1,32	1,49	2,71
Resíduo	0,004	0,020	0,012	0,017	5	5	5	5	0,001	0,004	0,002	0,003				
Total	0,009	0,047	0,029	0,062	10	10	10	10	0,001	0,005	0,003					

Fcalculado=quadrado médio da regressão/quadrado médio do resíduo.

d20: $R^2=58,75\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,3549

d40: $R^2=56,81\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,3840

d60: $R^2=59,89\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,3362

d90: $R^2=73,04\%$ $F_{5;5;0,05}=5,05$ p-valor=0,1490

A Figura 25 mostra a evolução da capacidade de derretimento durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

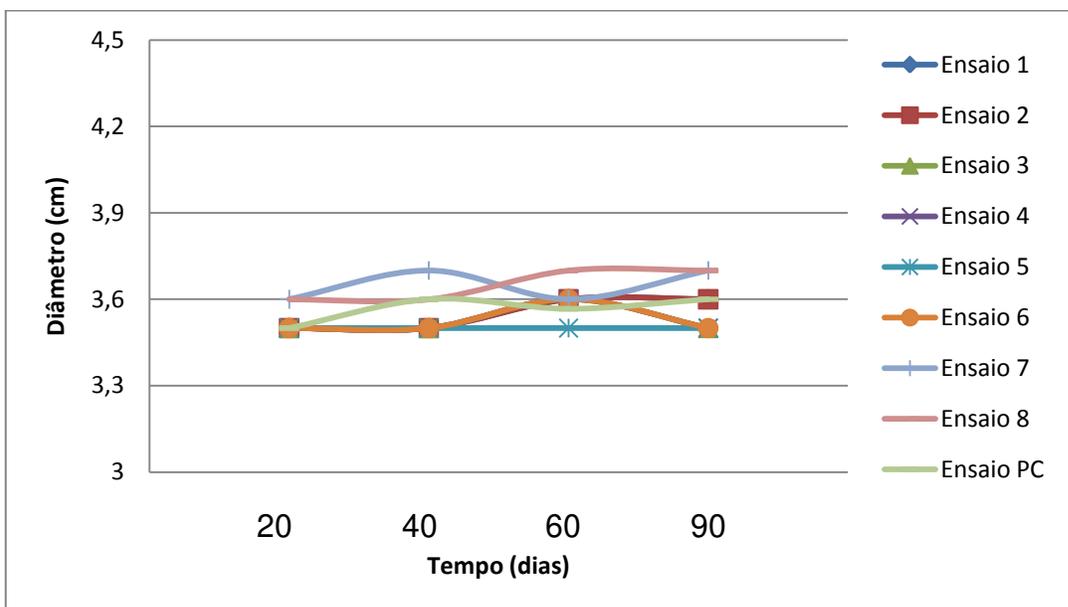


Figura 25. Evolução da capacidade de derretimento dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

A capacidade de derretimento dos queijos de coalho se manteve praticamente constante ao longo do tempo, indicando que o derretimento foi pouco afetado pelo tempo de armazenamento refrigerado. Como os queijos de coalho foram fabricados sem a adição de fermento láctico, houve pouca acidificação, o pH se manteve elevado, e a proteólise foi limitada. Essas características do queijo favorecem o predomínio de interações hidrofóbicas (proteína-proteína) sobre as interações eletrostáticas, restringindo a capacidade da proteína em fluir quando aquecida, e diminuindo a tendência do queijo em derreter (PAULSON *et al.*, 1998).

Mamede (2009) e Perez (2005) também verificaram que o tempo de armazenamento não exerceu influência significativa ($p < 0,05$) na capacidade de derretimento de queijos de coalho, e atribuíram o baixo derretimento à baixa extensão e profundidade de proteólise nos queijos. Não haver mudança na capacidade de derretimento com o tempo é altamente desejável, pois o

consumidor rejeita os queijos que exibem alto derretimento e escoam pela grelha, o que determina o fim da sua vida de prateleira.

5.7.4.2 FORMAÇÃO DE ÓLEO LIVRE

A Tabela 33 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a formação de óleo livre dos queijos de coalho.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa exerceram influência significativa ($p < 0,05$) na formação de óleo livre dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a formação de óleo livre (OL) durante os 20, 40, 60 e 90 dias de armazenamento refrigerado são apresentados nas equações 36, 37, 38 e 39, respectivamente.

$$OL_{d20} = 4,00 - 2,43CN/G + 1,42Tcoz + 1,73Tcoz^2 \quad (36)$$

$$OL_{d40} = 6,57 - 2,64CN/G + 1,29Tcoz \quad (37)$$

$$OL_{d60} = 5,82 - 1,45CN/G + 1,47 Tcoz \quad (38)$$

$$OL_{d90} = 7,15 - 2,10CN/G + 0,91 Tcoz \quad (39)$$

A análise de variância (ANOVA) para a formação de óleo livre durante o tempo de armazenamento refrigerado foi realizada considerando-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), e os resultados estão apresentados na Tabela 34. Os coeficientes de determinação foram iguais a 95,82% (dia 20), 84,87% (dia40), 84,75% (dia60) e 92,31% (dia90). O teste de F foi significativo em todos dos dias de armazenamento refrigerado, com valor de F calculado de 5 a 10,8 vezes maior que F tabelado, indicando que os modelos obtidos foram preditivos. A Figura 26 (a e b) apresenta a superfície de resposta e curva de contorno da formação de óleo livre para o dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 33. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a formação de óleo livre nos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Formação de óleo livre dia 20	Coef.regressão	4,00	-2,43	1,29	1,42	1,73	-0,47
	Erro-padrão	0,43	0,26	0,31	0,26	0,31	0,37
	p-valor	0,0002	0,0003	0,0094	0,0030	0,0027	0,2627
Formação de óleo livre dia 40	Coef.regressão	6,09	-2,64	-0,17	1,29	0,83	0,13
	Erro-padrão	0,70	0,43	0,51	0,43	0,51	0,60
	p-valor	0,0003	0,0016	0,7530	0,0292	0,1629	0,8350
Formação de óleo livre dia 60	Coef.regressão	6,17	-1,45	-0,52	1,47	0,04	0,50
	Erro-padrão	0,47	0,29	0,35	0,29	0,35	0,41
	p-valor	<0,0001	0,0041	0,1930	0,0039	0,9075	0,2781
Formação de óleo livre dia 90	Coef.regressão	7,33	-2,10	-0,35	0,91	0,09	-0,35
	Erro-padrão	0,38	0,23	0,27	0,23	0,27	0,33
	p-valor	<0,0001	0,0003	0,2619	0,0106	0,7518	0,3373

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear ; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 34. ANOVA para a formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	83,91	59,09	34,15	42,00	4	2	2	2	20,98	34,55	17,07	21,00	34,40	22,45	22,24	48,02
Resíduo	3,66	12,31	6,14	3,50	6	8	8	8	0,61	1,54	0,77	0,44				
Total	87,56	81,4	40,29	45,50	10	10	10	10	8,76	8,14	4,03	4,55				

d20 : $R^2=95,82\%$ $F_{4;6;0,05}=4,53$ p-valor=0,0003

d40: $R^2=84,87\%$ $F_{2;8;0,05}=4,46$ p-valor=0,0001

d60: $R^2=84,75\%$ $F_{2;8;0,05}=4,46$ p-valor=0,0005

d90: $R^2=92,31\%$ $F_{2;8;0,05}=4,46$ p-valor<0,0001

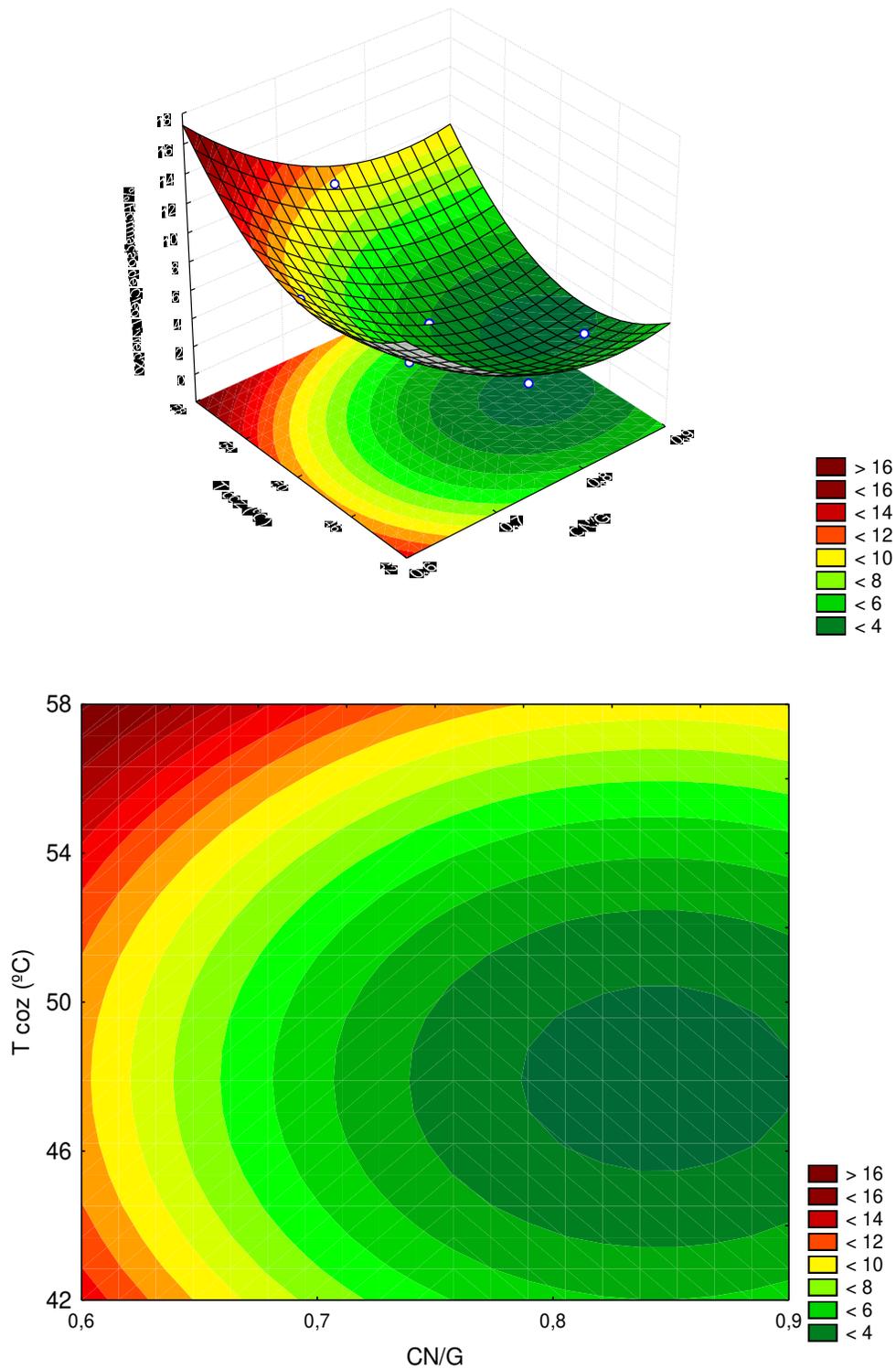


Figura 26. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a formação de óleo livre no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

A análise da superfície de resposta e curva de contorno, Figura 26 (a e b), mostra que no dia 20 de armazenamento refrigerado a liberação de óleo livre foi baixa em praticamente toda a faixa de estudo. Observa-se aumento significativo na liberação de óleo livre, em torno de 16%, quando os valores de relação CN/G do leite foram baixos e as temperaturas de cozimento da massa foram mais altas. Como a formação de óleo livre se refere à separação de gordura líquida pela superfície do queijo derretido, quanto maior foi teor de gordura em base seca presente no queijo (Tabela 5), maior foi a tendência em ocorrer a liberação de óleo livre. Kindesdt *et al.*, (2004), também verificou aumento na formação de óleo livre com o aumento na quantidade de gordura em queijo mussarela.

A Figura 27 apresenta a evolução da formação de óleo livre durante os 90 dias de armazenamento refrigerado e mostra que a formação de óleo livre se manteve praticamente estável ao longo do tempo de armazenamento.

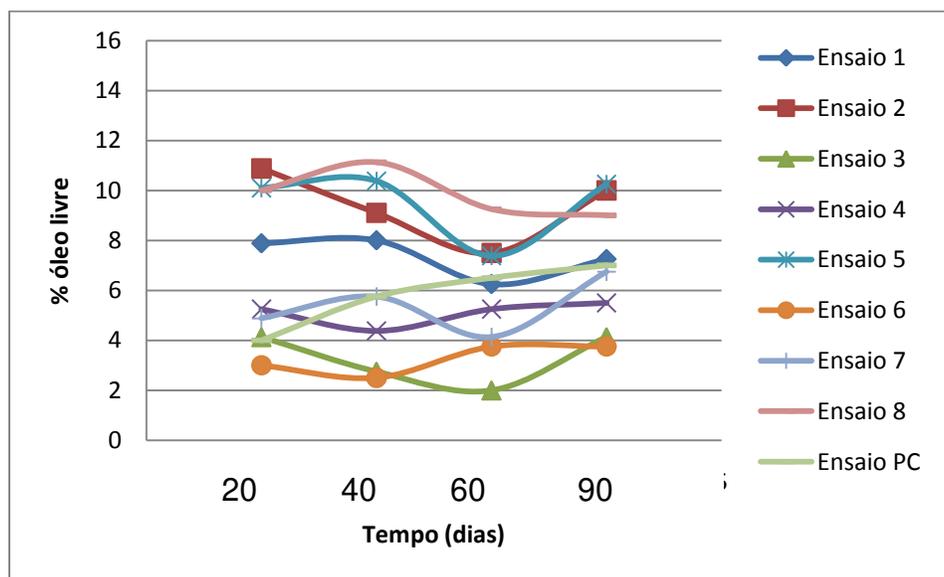


Figura 27. Formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

A Figura 28 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a formação de óleo livre nos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

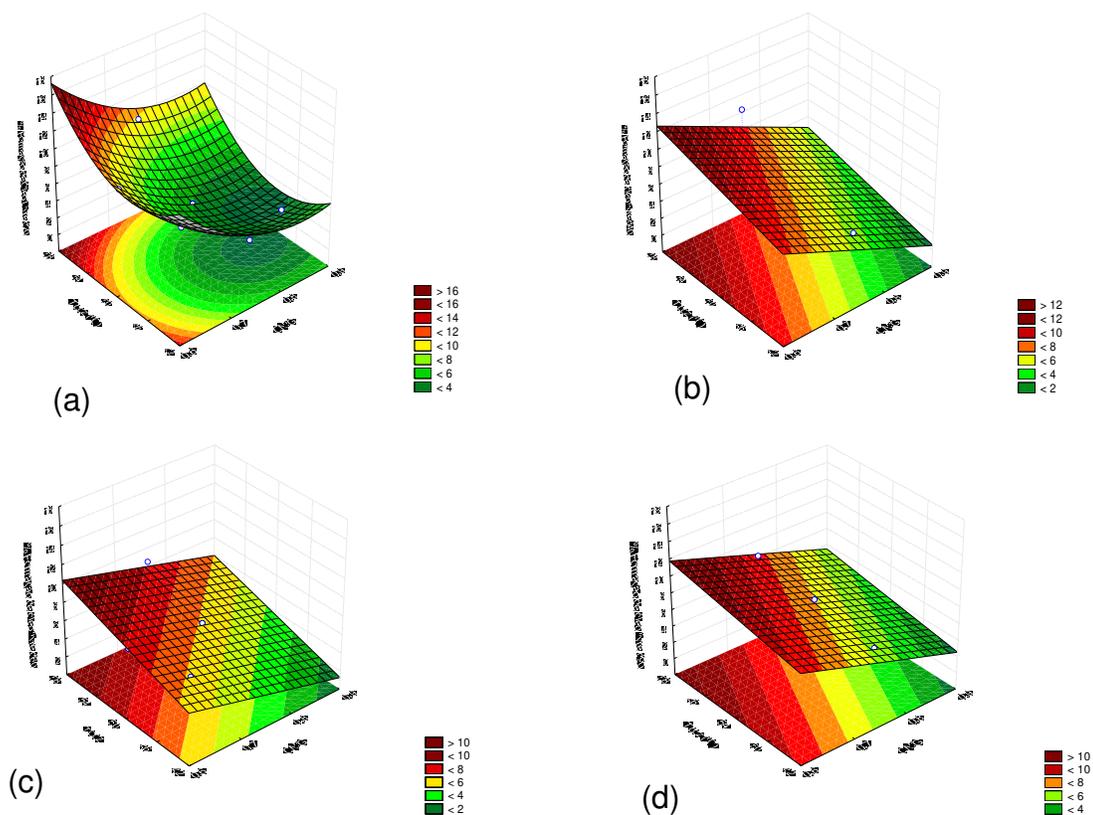


Figura 28. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a evolução da formação de óleo livre durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60; (d) dia 90.

Em baixos níveis de relação CN/G do leite (0,60- 0,65), o aumento na temperatura de cozimento da massa aumentou a formação de óleo livre. A partir do dia 40 de armazenamento refrigerado, os queijos de coalho apresentaram um leve aumento na liberação de óleo, em torno de 10% a 12%, possivelmente devido à leve proteólise ocorrida na rede protéica. A rede protéica tridimensional aprisiona mecanicamente a gordura e atua como uma barreira física na liberação da gordura. Com o enfraquecimento da rede protéica ocorre o aumento da tendência

da gordura em fluir e se separar em forma de óleo livre, durante o aquecimento do queijo (TUNICK, 1994).

Apesar desse pequeno aumento na formação de óleo livre com o tempo, é bom ter em vista que o aumento foi pequeno, e que, em geral, os valores se mantiveram bastante estáveis ao longo do tempo de armazenamento refrigerado. A pequena variação na formação de óleo livre com o tempo de armazenamento pode estar relacionada à baixa extensão de proteólise (Figura 18) verificada nos queijos de coalho.

5.7.4.3 Avaliação da cor

5.7.4.3.1 Cor antes do derretimento (*in natura*)

As Tabelas 35 e 36 apresentam os resultados da Luminosidade (L^*), croma (C^*) e ângulo de tonalidade (h) dos queijos de coalho antes do derretimento para os dias 20 e 40, e 60 e 90, respectivamente, durante o armazenamento refrigerado.

Tabela 35. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h, antes do derretimento, dos queijos de coalho para os dias 20 e 40 de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		d20			d40		
	CN/G	T coz (°C)	L*	C*	h	L*	C*	h
1	0,65	45	91,01	18,88	84,80	90,51	18,46	84,81
2	0,65	55	89,15	18,84	84,82	88,98	19,36	84,75
3	0,85	45	89,16	18,61	86,09	87,88	18,13	85,00
4	0,85	55	87,01	21,78	85,58	85,54	21,53	85,12
5	0,61	50	90,47	18,65	84,65	90,18	18,86	84,86
6	0,89	50	89,52	19,04	86,18	87,57	19,31	85,49
7	0,75	43	90,23	14,46	88,26	91,81	13,73	88,83
8	0,75	57	87,05	18,25	88,12	87,53	17,68	88,38
9	0,75	50	90,54	20,00	86,62	90,60	19,04	85,45
10	0,75	50	90,60	19,07	86,42	90,64	19,44	85,37
11	0,75	50	90,63	19,67	86,59	91,09	19,09	85,55

L* =luminosidade; C*= croma e h=ângulo de tonalidade

Tabela 36. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h, antes do derretimento, dos queijos de coalho para os dias 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		d60			d90		
	CN/G	T coz(°C)	L*	C*	h	L*	C*	h
1	0,65	45	89,71	17,96	84,70	89,68	19,51	84,50
2	0,65	55	87,96	18,84	85,10	89,89	19,28	84,49
3	0,85	45	90,06	19,33	85,52	89,63	19,17	85,27
4	0,85	55	86,79	22,44	85,81	87,54	21,64	85,95
5	0,61	50	89,92	18,21	84,80	88,89	19,36	85,23
6	0,89	50	89,54	19,22	85,79	89,55	19,70	85,20
7	0,75	43	90,64	15,18	87,73	91,37	14,76	87,71
8	0,75	57	87,06	17,74	88,03	88,57	16,84	88,71
9	0,75	50	90,70	19,48	85,73	90,63	18,82	85,70
10	0,75	50	90,84	19,01	86,47	90,87	18,60	85,68
11	0,75	50	90,74	19,39	86,48	90,59	18,90	84,99

L* =luminosidade; C*= croma e h=ângulo de tonalidade

5.7.4.3.1.1 Parâmetro L* (luminosidade) da cor instrumental dos queijos de coalho antes do derretimento

A Tabela 37 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a luminosidade (L*) dos queijos de coalho, antes do derretimento, para os dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa do queijo afetaram significativamente o parâmetro L* (Luminosidade) da avaliação instrumental da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado ($p < 0,05$).

Os modelos ajustados, incluindo-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a Luminosidade (L*) foram considerados preditivos para os dias 20, 40 e 60 de armazenamento refrigerado e são apresentados nas equações 40, 41 e 42, respectivamente.

$$L^*_{d20} = 90,25 - 0,67CN/G - 1,06Tcoz - 0,93 Tcoz^2 \quad (40)$$

$$L^*_{d40} = 90,77 - 0,95CN/G - 1,21 CN/G^2 - 1,52 Tcoz - 0,81 Tcoz^2 \quad (41)$$

$$L^*_{d60} = 90,76 - 0,68 CN/G^2 - 1,26 Tcoz - 1,12 Tcoz^2 \quad (42)$$

A análise de variância (ANOVA) para a Luminosidade (L*) dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o armazenamento refrigerado foi realizada, eliminando-se os fatores não estatisticamente significativos ($p < 0,05$), e os resultados se encontram na Tabela 38. Os coeficientes de determinação foram iguais a 91,03% (dia 20), 93,35% (dia40), 92,36% (dia60) e 58,82% (dia90). O teste de F foi significativo para os dias 20, 40 e 60 de armazenamento refrigerado, com valor de F calculado de 4,6 a 6,5 vezes maior que o F tabelado, indicando que os modelos obtidos foram preditivos. Para o dia 90 de armazenamento refrigerado o teste de F não foi significativo, com valor de F calculado muito próximo de F tabelado, e a porcentagem de variação explicada bastante baixa (58,82%), indicando que o modelo obtido não foi preditivo. A baixa porcentagem de variação explicada no dia 90 se deve, possivelmente, a baixa variabilidade entre as

respostas obtidas (Tabela 36). Isso indica que, para qualquer condição avaliada, os valores de Luminosidade (L^*) dos queijos de coalho no dia 90, antes do derretimento, foram praticamente os mesmos, ou seja, a luminosidade do queijo não foi função da relação CN/G do leite e da T_{coz} da massa. Portanto, só foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de respostas para os dias 20, 40 e 60 de armazenamento refrigerado. A Figura 30 apresenta a superfície de resposta e curva de contorno da Luminosidade (L^*) dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento do queijo e relação CN/G do leite para o dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 37. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro L* (luminosidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
L* (luminosidade) dia 20	Coef. regressão	90,59	-0,67	-0,36	-1,06	-1,03	-0,07
	Erro-padrão	0,26	0,16	0,19	0,16	0,19	0,23
	p-valor	p<0,0001	0,0087	0,1197	0,0012	0,0029	0,7611
L* (luminosidade) dia 40	Coef. regressão	90,78	-0,95	-1,21	-1,52	-0,81	-0,20
	Erro-padrão	0,39	0,24	0,29	0,24	0,29	0,34
	p-valor	p<0,0001	0,0113	0,0084	0,0015	0,0366	0,5793
L* (luminosidade) dia 60	Coef. regressão	90,76	-0,17	-0,68	-1,26	-1,12	-0,38
	Erro-padrão	0,24	0,15	0,18	0,15	0,18	0,21
	p-valor	p<0,0001	0,3073	0,0123	0,0004	0,0015	0,1318
L* (luminosidade) dia 90	Coef. regressão	90,70	-0,18	-0,84	-0,73	-0,47	-0,57
	Erro-padrão	0,39	0,24	0,29	0,24	0,29	0,34
	p-valor	p<0,0001	0,4801	0,0323	0,0289	0,1644	0,1516

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 38. ANOVA para o parâmetro L* (luminosidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	17,94	35,11	20,55	7,33	3	4	3	2	5,98	8,78	6,85	3,66	23,81	21,06	28,21	5,71
Resíduo	1,76	2,50	1,70	5,12	7	6	7	8	0,25	0,42	0,24	0,64				
Total	19,69	37,61	22,25	12,45	10	10	10	10	1,97	3,76	2,23	1,25				

d20 : $R^2=91,08\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0005

d40: $R^2=93,35\%$ $F_{4;6;0,05} = 4,53$ p-valor= 0,0011

d60: $R^2=92,36\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0003

d90: $R^2=58,82\%$ $F_{2;8;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0288

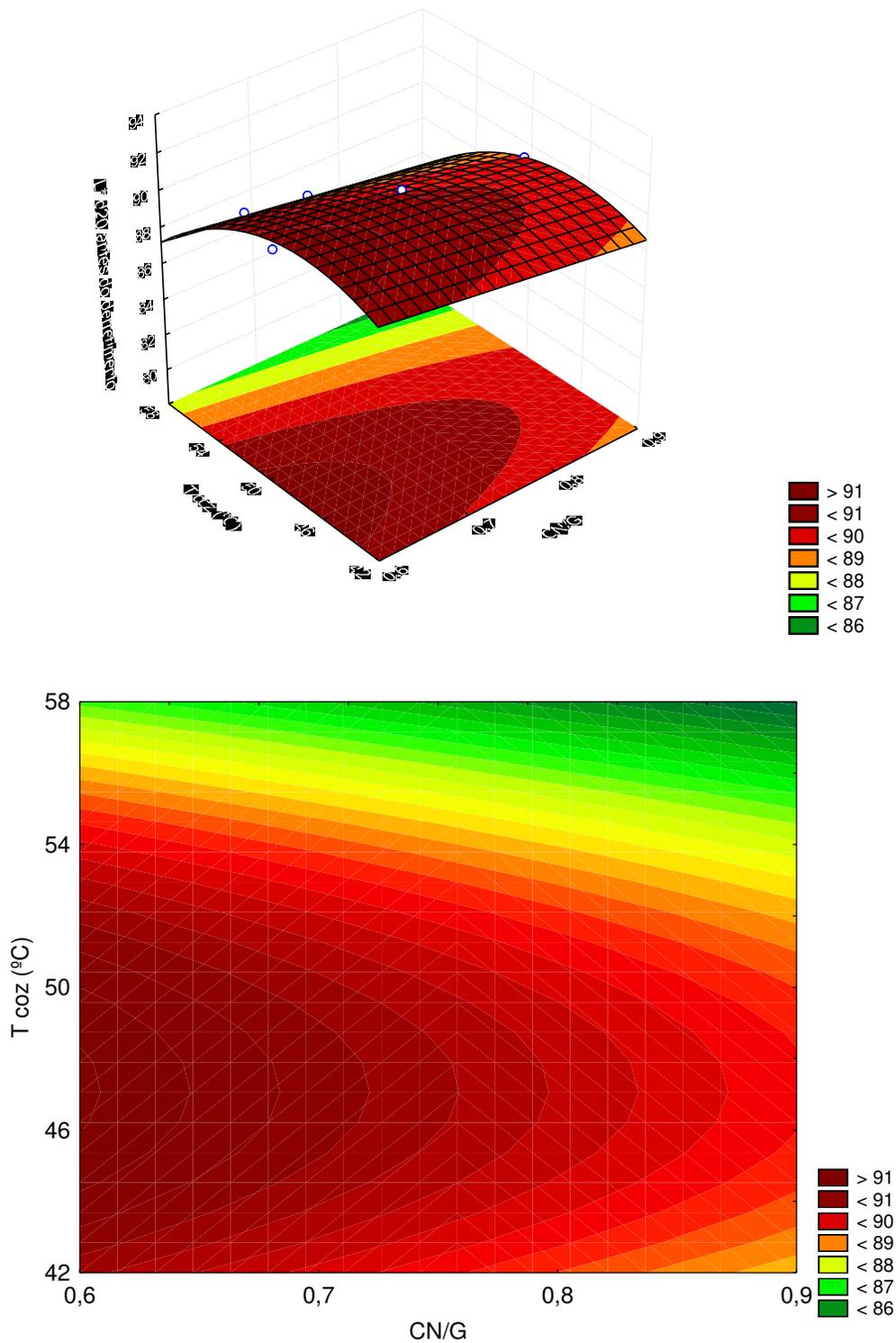


Figura 29. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a luminosidade (L^*) da cor dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e relação CN/G do leite, antes do derretimento, no dia 20 de armazenamento refrigerado.

O valor de L^* representa a luminosidade (grau de claro ou escuro) da amostra, variando de 0 (preto) a 100 (branco). A luminosidade está diretamente relacionada à quantidade de luz emitida pela amostra. Pela análise da superfície de resposta e curva de contorno, Figura 29 (a e b), pode ser observado que a luminosidade dos queijos de coalho foi praticamente a mesma em toda a faixa de estudo (em torno de 91). Isso indica que, apesar do impacto estatisticamente significativo da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa na luminosidade dos queijos, eles apresentaram luminosidade muito similar em toda a faixa de estudo.

O aumento na relação CN/G do leite e, quando a temperatura de cozimento da massa foi maior que 55°C , houve diminuição na luminosidade dos queijos (em torno de 87).

A elevação na relação CN/G do leite e o aumento da temperatura de cozimento da massa estão diretamente relacionados com a redução da umidade dos queijos, o que leva a uma maior concentração dos sólidos totais, e conseqüentemente, menor refletância de luz e, queijos mais escuros.

A Figura 30 apresenta a evolução da luminosidade (L^*) da cor nos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado e a Figura 31 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a luminosidade (L^*) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, para os dias 20, 40 e 60 de armazenamento refrigerado.

A luminosidade se manteve praticamente constante ao longo do armazenamento (Figura 30), mostrando que o tempo de armazenamento refrigerado exerceu pouca ou quase nenhuma influência na luminosidade dos queijos de coalho. Nos ensaios 4 e 8, queijos de coalho fabricados a partir de leite com elevada relação CN/G (0,85 e 0,75) e temperaturas de cozimento da massa mais altas (55°C e 57°C) apresentaram umidade mais baixa (39,03% e 38,32%) e luminosidade menos intensa.

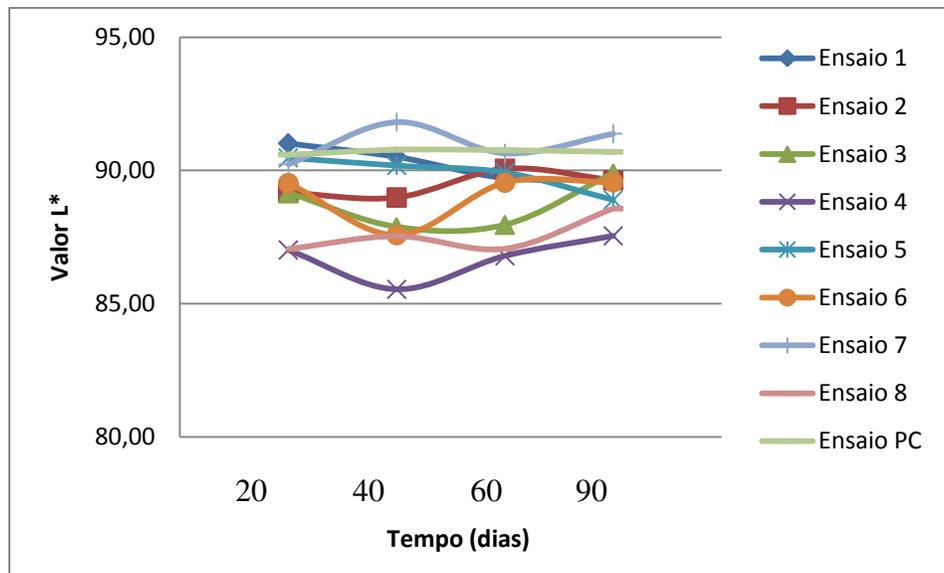


Figura 30. Evolução da luminosidade (L*) da cor dos queijos de coalho ao longo do armazenamento refrigerado.

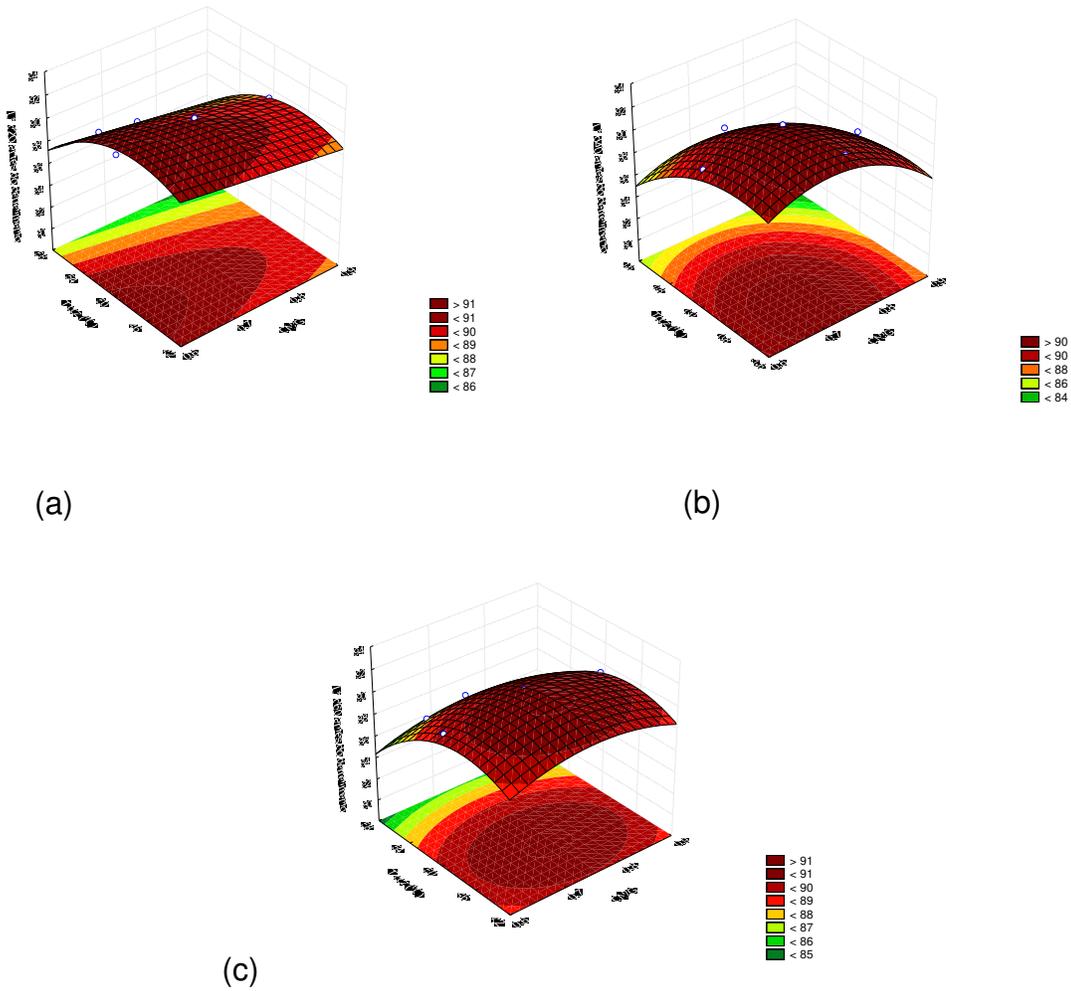


Figura 31. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a luminosidade (L^*) da cor nos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento da massa e da relação CN/G do leite, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60.

5.7.4.3.1.2 Parâmetro C*(croma) e h (ângulo de tonalidade) da cor instrumental dos queijos de coalho antes do derretimento

As Tabelas 39 e 40 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o croma (C*) e ângulo de tonalidade (h), respectivamente, dos queijos de coalho antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Não houve influência significativa da relação CN/G do leite e da Tcoz da massa nos parâmetros C* e h da cor dos queijos de coalho ao longo do tempo de armazenamento refrigerado ($p < 0,05$).

A análise de variância (ANOVA) para os parâmetros C* e h da cor dos queijos de coalho são apresentadas nas Tabelas 41 e 42, respectivamente. Os coeficientes de determinação (R^2) para o C* foi igual a 70,20% (dia 20); 68,25% (dia 40); 65,97%(dia 60); 65,65% (dia 90). Para o h, o coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 60,48% (dia 20); 60,51% (dia 40); 68,14%(dia 60); 61,87% (dia 90). O teste de F não foi significativo em nenhum dos dias de armazenamento refrigerado, para o C* e h, com valores de F calculado menores que os valores de F tabelado, indicando que a saturação (C*) e a percepção visual da cor (h) dos queijos de coalho, antes do derretimento, foram bastante próximas entre si, independente da relação CN/G do leite e da Tcoz da massa utilizadas. Diante destes resultados, não foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de respostas e curvas de contorno para o C* e h da cor instrumental dos queijos e coalho antes do derretimento.

Tabela 39. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro C* (croma) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
C* (croma) dia 20	Coef. regressão	19,58	0,40	0,11	1,06	-1,13	0,80
	Erro-padrão	0,78	0,48	0,57	0,48	0,57	0,67
	p-valor	p<0,0001	0,4360	0,8479	0,0761	0,1024	0,2866
C* (croma) dia 40	Coef. regressão	19,19	0,61	0,44	0,93	-1,25	0,63
	Erro-padrão	0,87	0,53	0,63	0,53	0,63	0,75
	p-valor	p<0,0001	0,2986	0,5171	0,1416	0,1057	0,4441
C* (croma) dia 60	Coef. regressão	19,29	0,80	0,22	0,95	-0,90	0,56
	Erro-padrão	0,82	0,50	0,60	0,50	0,60	0,71
	p-valor	p<0,0001	0,1733	0,7234	0,1177	0,1925	0,4694
C* (croma) dia 90	Coef. regressão	18,77	0,31	0,94	0,65	-0,93	0,68
	Erro-padrão	0,83	0,51	0,61	0,51	0,61	0,72
	p-valor	p<0,0001	0,5666	0,1832	0,2598	0,1867	0,3921

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 40. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
h (ângulo de tonalidade) dia 20	Coef. regressão	86,54	0,21	-0,93	0,23	0,45	-0,13
	Erro-padrão	0,63	0,38	0,46	0,38	0,46	0,54
	p-valor	<0,0001	0,6098	0,0968	0,5734	0,3675	0,8172
h (ângulo de tonalidade) dia 40	Coef. regressão	85,46	0,12	-0,63	-0,01	1,08	0,04
	Erro-padrão	0,73	0,45	0,53	0,45	0,53	0,63
	p-valor	<0,0001	0,8015	0,2887	0,9838	0,0985	0,9462
h (ângulo de tonalidade) dia 60	Coef. regressão	86,23	0,37	-0,79	0,14	0,50	-0,03
	Erro-padrão	0,50	0,31	0,37	0,31	0,37	0,44
	p-valor	<0,0001	0,2873	0,0829	0,6997	0,2300	0,9521
h (ângulo de tonalidade) dia 90	Coef. regressão	85,46	0,27	-0,53	0,26	0,97	0,17
	Erro-padrão	0,66	0,41	0,48	0,41	0,48	0,57
	p-valor	<0,0001	0,5305	0,3165	0,5572	0,1018	0,7759

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 41. ANOVA para o parâmetro C* (croma) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	21,33	24,35	19,69	19,87	5	5	5	5	4,27	4,87	3,94	3,98	2,36	2,15	1,94	1,91
Resíduo	9,06	11,33	10,15	10,39	5	5	5	5	1,81	2,27	2,03	2,08				
Total	30,39	35,68	29,84	30,27	10	10	10	10	3,04	3,57	2,98	3,03				

d20 : $R^2=70,20\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,1839

d40: $R^2=68,25\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2103

d60: $R^2=65,97\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2423

d90: $R^2=65,65\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2473

Tabela 42. ANOVA para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, antes do derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	9,05	12,33	8,10	10,70	5	5	5	5	1,81	2,47	1,62	2,14	1,53	1,53	2,14	1,62
Resíduo	5,92	8,04	3,79	6,60	5	5	5	5	1,18	1,61	0,76	1,32				
Total	14,97	20,37	11,88	17,29	10	10	10	10	1,50	2,04	1,19	1,73				

d20 : $R^2=60,48\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3261

d40: $R^2=60,51\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3261

d60: $R^2=68,14\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2117

d90: $R^2=61,87\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3047

Como não houve influência significativa da relação CN/G do leite, da temperatura de cozimento da massa e do tempo de armazenamento, a Figura 32 ilustra a dispersão dos parâmetros de cor (L^* , C^* e h) no sólido tridimensional, antes do derretimento, apenas para o dia 40 de armazenamento refrigerado. O croma (C^*), representa a saturação ou vivacidade da cor (grau de pureza da cor). Quanto maior a distância do ponto de intersecção entre os eixos, maior a saturação da cor da amostra. O ângulo de tonalidade (h), representa a percepção visual da cor (vermelho, amarelo, etc.).

Os queijos de coalho apresentaram, dentro da faixa estudada de relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa, uma coloração bastante parecida, como pode ser observado pela proximidade entre os ensaios. O ensaio 7 (CN/G=0,75 e $T_{coz}=43^{\circ}\text{C}$) foi o que apresentou menor saturação da cor, possivelmente devido ao maior teor de umidade, 46,51% (Tabela 5) apresentado por esse queijo.

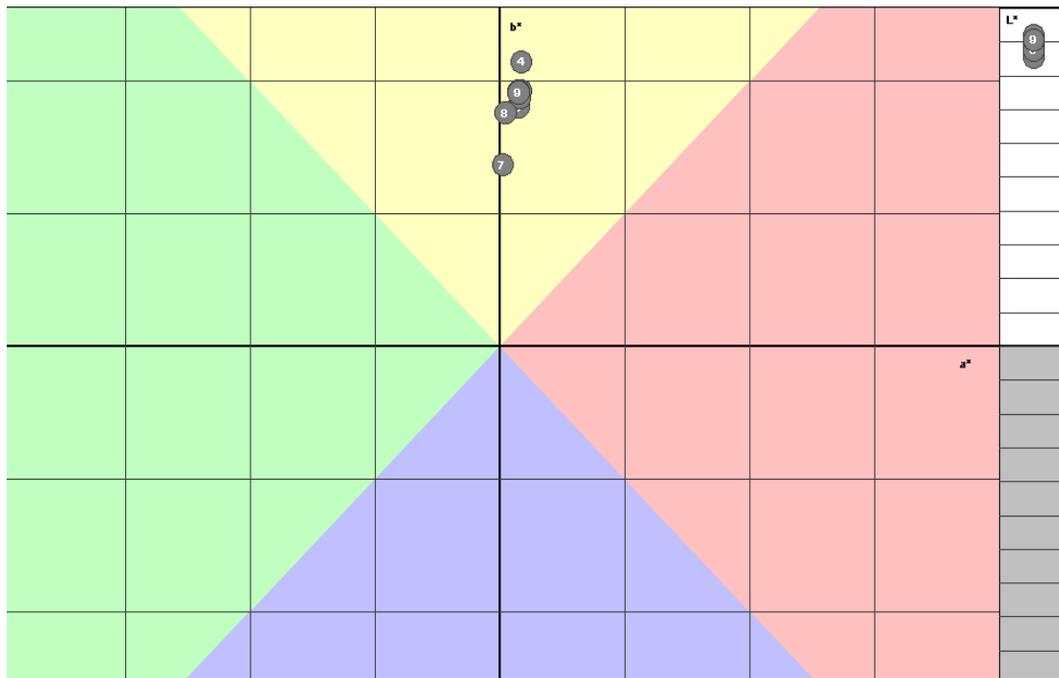


Figura 32. Dispersão dos parâmetros de cor no sólido tridimensional entre os diferentes ensaios de queijo de coalho.

5.7.4.3.2 Cor após o derretimento

As Tabelas 43 e 44 apresentam os resultados da Luminosidade (L^*), croma (C^*) e ângulo de tonalidade (h) dos queijos de coalho, após o derretimento, para os dias 20 e 40, e 60 e 90, respectivamente, durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Tabela 43. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h, após o derretimento, dos queijos de coalho para os dias 20 e 40 de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		d20			d40		
	CN/G	T coz (°C)	L*	C*	h	L*	C*	h
1	0,65	45	71,50	37,49	85,46	80,96	30,37	88,81
2	0,65	55	73,64	42,50	80,64	77,27	35,02	84,79
3	0,85	45	79,01	29,98	89,03	74,76	28,27	88,60
4	0,85	55	73,76	32,18	87,95	75,96	30,14	88,17
5	0,61	50	75,06	35,78	84,55	79,73	29,24	87,98
6	0,89	50	75,97	32,00	87,39	75,14	27,35	88,18
7	0,75	43	77,87	21,39	94,18	81,39	20,56	94,83
8	0,75	57	72,67	30,10	88,71	73,94	29,84	89,27
9	0,75	50	78,42	31,75	88,88	77,83	34,29	88,40
10	0,75	50	78,65	31,46	88,85	79,53	31,64	88,41
11	0,75	50	78,24	31,66	88,82	79,47	30,56	88,97

L* =luminosidade; C*= croma e h=ângulo de tonalidade

Tabela 44. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h, após o derretimento, dos queijos de coalho para os dias 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		d60			d90		
	CN/G	T coz (°C)	L*	C*	h	L*	C*	h
1	0,65	45	79,73	29,24	87,98	78,93	31,38	89,29
2	0,65	55	77,65	36,32	86,56	79,23	35,07	86,31
3	0,85	45	84,22	25,20	84,60	80,60	32,54	88,75
4	0,85	55	76,31	34,99	87,48	76,20	37,91	85,28
5	0,61	50	76,37	34,00	87,52	80,36	31,04	88,74
6	0,89	50	79,18	30,84	88,85	77,97	35,45	87,11
7	0,75	43	79,06	21,16	94,69	72,77	31,01	83,97
8	0,75	57	75,15	28,94	88,79	67,41	35,5	88,69
9	0,75	50	83,47	28,51	88,65	81,74	32,49	88,67
10	0,75	50	82,49	29,54	88,66	81,71	33,27	88,67
11	0,75	50	82,29	30,00	88,80	82,30	31,05	88,71

L* =luminosidade; C*= croma e h=ângulo de tonalidade

5.7.4.3.2.1. Parâmetro L* (luminosidade) da cor dos queijos de coalho após o derretimento

A Tabela 45 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a luminosidade (L*) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, para os dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite, a Tcoz da massa do queijo e a interação dos fatores afetaram significativamente ($p < 0,05$) a luminosidade (L*) dos queijos de coalho, após o derretimento, no dia 20 de armazenamento refrigerado. Nos dias 40 e 60, a luminosidade (L*) foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pela relação CN/G do leite e pela Tcoz da massa. No dia 90 de armazenamento somente a Tcoz da massa afetou significativamente ($p < 0,05$) a luminosidade (L*) dos queijos de coalho.

A ANOVA para a Luminosidade (L*) dos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado foi realizada considerando-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e os resultados são apresentados na Tabela 46. Os coeficientes de determinação foram iguais a 74,05% (dia 20), 67,96% (dia40), 72,74% (dia60) e 69,47% (dia90). O teste de F, para os dias 20, 40 e 60 não foi significativo com valor de F calculado menor ou muito próximo do F tabelado. No dia 90, o valor de F calculado foi 4 vezes maior que o Ftabelado, no entanto, os valores de R^2 para todos os dias de armazenamento refrigerado foram baixos, indicando que apesar da significância estatística, o modelo não é preditivo, ou seja, a luminosidade dos queijos não é uma função das variáveis de estudo dentro da faixa avaliada. Diante dos resultados, não foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de respostas e curvas de contornos.

Tabela 45. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro L (luminosidade) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
L* (luminosidade) dia 20	Coef. regressão	78,44	1,11	-1,69	-1,31	-1,81	-1,85
	Erro-padrão	0,77	0,48	0,56	0,48	0,56	0,67
	p-valor	<0,0001	0,0660	0,0306	0,0402	0,0239	0,0404
L* (luminosidade) dia 40	Coef. regressão	78,94	-1,75	-0,83	-1,63	-0,72	1,22
	Erro-padrão	0,83	0,51	0,60	0,51	0,60	0,72
	p-valor	<0,0001	0,0182	0,2262	0,0237	0,2878	0,1488
L* (luminosidade) dia 60	Coef. regressão	82,75	0,89	-1,98	-1,94	-2,31	-1,46
	Erro-padrão	0,88	0,54	0,64	0,54	0,64	0,76
	p-valor	<0,0001	0,1602	0,0276	0,0157	0,0156	0,1147
L* (luminosidade) dia 90	Coef. regressão	81,92	-0,59	-0,35	-1,46	-4,88	-1,18
	Erro-padrão	1,55	0,95	1,13	0,95	1,13	1,34
	p-valor	<0,0001	0,5600	0,7708	0,1848	0,0075	0,4216

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 46. ANOVA para a luminosidade (L*) nos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	54,16	45,71	70,73	141,42	4	2	3	1	13,54	22,86	23,58	141,42	4,28	8,49	6,23	20,48
Resíduo	18,97	21,55	26,51	62,14	6	8	7	9	3,16	2,69	3,79	6,90				
Total	73,13	67,26	97,25	203,56	10	10	10	10	7,31	6,73	9,72	20,36				

d20 : $R^2=74,05\%$ $F_{4;6;0,05} = 5,53$ p-valor= 0,0563

d40: $R^2=67,96\%$ $F_{2;8;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0105

d60: $R^2=72,74\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0218

d90: $R^2=69,47\%$ $F_{1;9;0,05} = 5,12$ p-valor= 0,0011

A Figura 33 apresenta a evolução da luminosidade (L^*) da cor, nos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado. Houve uma pequena variação na luminosidade dos queijos entre os ensaios ao longo do tempo. O ensaio 8, que possui a mais elevada temperatura de cozimento da massa, 57°C , e relação CN/G de 0,75, apresentou o mais baixo teor de umidade, 38,32% (Tabela 5) e também os menores valores de luminosidade.

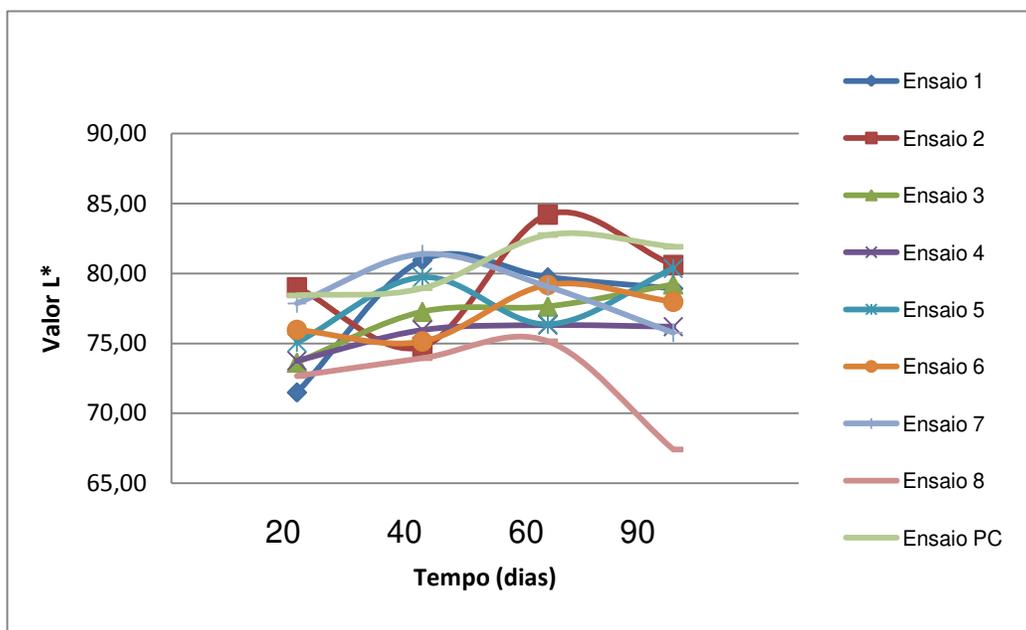


Figura 33. Evolução da luminosidade dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A elevação da relação CN/G do leite e da T_{coz} da massa reduziu a umidade dos queijos, o que resultou em uma maior concentração de sólidos totais. A luminosidade está diretamente relacionada à quantidade de luz emitida pela amostra, e assim, os queijos com maior teor de sólidos apresentaram menor refletância da luz e tem uma aparência mais escura. Os queijos de coalho, quando aquecidos, apresentaram uma cor amarronzada, uma característica que diminuiu a sua luminosidade. A cor amarronzada do queijo deve ser resultado do desenvolvimento da reação de Maillard, que é acelerada pelo aquecimento do queijo durante a grelhagem. A reação de Maillard ocorre entre aminoácidos e

açúcar redutor (lactose), presentes no queijo, formando pigmentos escuros, as melanoidinas, que tornam o queijo mais escuro e com menor luminosidade.

5.7.4.3.2.2 Parâmetro C* (croma) e h (ângulo de tonalidade) da cor instrumental dos queijos de coalho após o derretimento

As Tabelas 46 e 47 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o croma (C*) e ângulo de tonalidade (h), respectivamente, dos queijos de coalho após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa dos queijos não afetaram significativamente ($p < 0,05$) o croma (C*) dos queijos de coalho nos dias 20 e 40 de armazenamento refrigerado. Houve influência significativa da relação CN/G do leite e da Tcoz da massa para os dias 60 e 90 de armazenamento refrigerado. O ângulo de tonalidade (h) não foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas variáveis durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A análise de variância (ANOVA) para os parâmetros C* e h da cor dos queijos de coalho foi realizada considerando-se apenas os termos significativos ($p < 0,05$) e os resultados estão apresentados nas Tabelas 49 e 50, respectivamente. Os coeficientes de determinação (R^2) para o C* foram iguais a 67,78% (dia 20); 65,39% (dia 40); 75,16% (dia 60) e 78,98% (dia 90). O teste de F não foi significativo nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado com valores de F calculado menores que os valores de F tabelado, indicando que o modelo obtido não foi preditivo.

Para h, os coeficientes de determinação (R^2) foram iguais a 79,27% (dia 20); 72,58% (dia 40); 39,39% (dia 60); 64,72% (dia 90). O teste de F não foi significativo para os dias 20 e 40 de armazenamento refrigerado. Para os dias 60 e 90, o valor de F calculado foi de 2,7 a 3,4 vezes maiores que o F tabelado. No entanto, os valores de R^2 podem ser considerados baixos, o que sugere baixa concordância dos valores experimentais ao modelo, significando que o modelo

não foi preditivo. Esses resultados mostram que a saturação (C^*) e a percepção visual da cor (h) dos queijos de coalho, após o derretimento, foram bastante próximas entre si, independente da relação CN/G do leite e da Tcoz da massa estudadas. Diante destes resultados, não foi possível elaborar o modelo e construir as superfícies de respostas e curvas de contorno para o C^* e h da cor instrumental dos queijos de coalho após o derretimento.

Tabela 47. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro C* (croma) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
C* (croma) dia 20	Coef.Regressão	31,62	-2,89	2,56	2,44	-1,51	-0,70
	Erro-padrão	2,42	1,48	1,77	1,48	1,77	2,10
	p-valor	<0,0001	0,1086	0,2067	0,1612	0,4322	0,7516
C* (croma) dia 40	Coef.Regressão	32,16	-1,21	-0,88	2,45	-2,43	-0,70
	Erro-padrão	1,83	1,12	1,34	1,12	1,34	1,59
	p-valor	<0,0001	0,3318	0,5379	0,0805	0,1287	0,6799
C* (croma) dia 60	Coef.Regressão	29,35	-1,23	2,21	3,48	-1,47	0,68
	Erro-padrão	1,16	0,71	0,84	0,71	0,84	1,00
	p-valor	<0,0001	0,1439	0,0474	0,0044	0,1416	0,5299
C* (croma) dia 90	Coef.Regressão	32,27	1,28	0,73	1,93	0,74	0,42
	Erro-padrão	0,63	0,39	0,46	0,39	0,46	0,55
	p-valor	<0,0001	0,0213	0,1730	0,0042	0,1706	0,4772

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 48. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
h (ângulo de tonalidade) dia 20	Coef. Regressão	88,85	1,86	-2,17	-1,70	0,56	0,94
	Erro-padrão	1,25	0,77	0,91	0,77	0,91	1,08
	p-valor	<0,0001	0,0597	0,0632	0,0771	0,5646	0,4284
h (ângulo de tonalidade) dia 40	Coef. Regressão	88,59	0,43	-0,87	-1,54	1,11	0,90
	Erro-padrão	0,99	0,61	0,73	0,61	0,73	0,86
	p-valor	<0,0001	0,5115	0,2829	0,0533	0,1874	0,3466
h (ângulo de tonalidade) dia 60	Coef. Regressão	88,70	-0,07	-1,09	-0,86	0,69	1,08
	Erro-padrão	1,55	0,95	1,13	0,95	1,13	1,35
	p-valor	<0,0001	0,9423	0,3819	0,4076	0,5684	0,4609
h (ângulo de tonalidade) dia 90	Coef. Regressão	88,68	-1,09	-0,31	0,64	-1,11	-0,12
	Erro-padrão	0,85	0,52	0,62	0,52	0,62	0,73
	p-valor	<0,0001	0,0891	0,6384	0,2741	0,1336	0,8741

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 49. ANOVA para o parâmetro C* (croma) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	185,55	95,36	140,33	42,78	5	5	2	2	37,11	19,07	70,17	21,39	2,10	1,89	12,10	15,03
Resíduo	88,22	50,46	46,39	11,39	5	5	8	8	17,64	10,09	5,80	1,42				
Total	273,77	145,82	186,72	54,17	10	10	10	10	27,38	14,58	18,67	5,42				

d20 : $R^2=67,78\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2174

d40: $R^2=65,39\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2508

d60: $R^2=75,16\%$ $F_{2;8;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0038

d90: $R^2=78,98\%$ $F_{2;8;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0020

Tabela 50. ANOVA para o parâmetro h (ângulo de tonalidade) da cor dos queijos de coalho, após o derretimento, durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	90,12	39,54	23,56	19,82	5	5	5	5	18,02	7,91	4,71	3,96	3,82	2,65	0,65	1,83
Resíduo	23,57	14,94	36,26	10,80	5	5	5	5	4,71	2,99	7,25	2,16				
Total	113,68	54,48	59,83	30,62	10	10	10	10	11,37	5,45	5,98	3,06				

d20 : $R^2=79,27\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,0838

d40: $R^2=72,58\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,1543

d60: $R^2=39,39\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,6760

d90: $R^2=64,72\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2616

Como não houve influência significativa da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa, a Figura 34 ilustra a dispersão dos parâmetros de cor (L^* , C^* e h) no sólido tridimensional, após o derretimento, apenas para o dia 40 de armazenamento refrigerado. Os queijos após o derretimento se mostraram com uma coloração mais saturada do que antes do derretimento devido à perda de umidade e maior concentração dos sólidos. No entanto, a coloração dos queijos foram bastante parecida, como mostra a Figura 34.

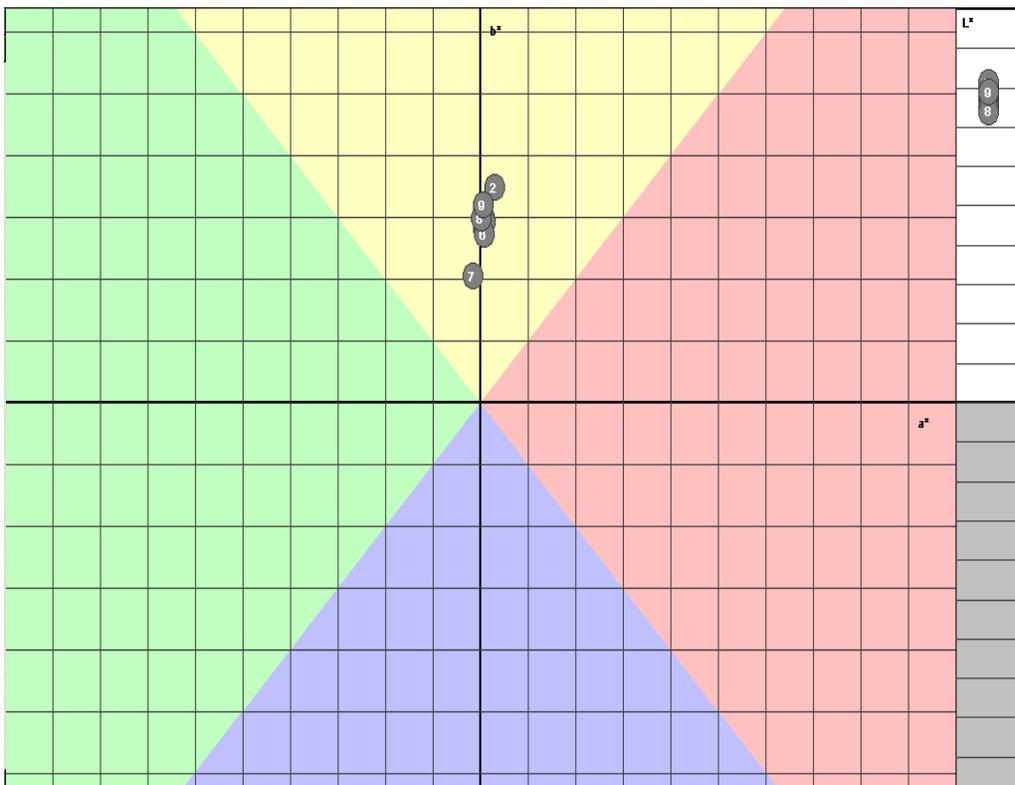


Figura 34. Dispersão dos parâmetros de cor no sólido tridimensional entre os diferentes ensaios de queijo de coalho após o derretimento.

5.7.5 Análise do Perfil de Textura e Propriedades Reológicas

5.7.5.1 Perfil de Textura Instrumental (TPA)

A Tabela 51 apresenta os valores médios para dureza e mastigabilidade e a Tabela 52 mostra os resultados de, coesividade e elasticidade, todos eles atributos da análise do perfil de textura dos queijos de coalho, monitorados durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 51. Valores médios para a dureza e mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Dureza (gf)				Mastigabilidade (gf)			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	5620	6296	7871	5214	2821	2384	2395	2258
2	0,65	55	6333	6609	9406	7009	3005	3796	3512	3666
3	0,85	45	9540	7810	7559	8976	4458	4992	4686	4729
4	0,85	55	12912	11541	15353	12857	6950	7213	6383	7512
5	0,61	50	5180	6036	6997	3855	2621	2211	2447	2217
6	0,89	50	7254	7099	8428	6948	2977	2503	2485	2869
7	0,75	43	8166	9618	7098	8430	4273	4259	4564	4891
8	0,75	57	12239	14166	14763	15506	7417	8965	9037	9050
9	0,75	50	5694	6109	5643	5316	2266	2161	2324	2372
10	0,75	50	5543	4636	5818	5365	2332	2798	2408	2192
11	0,75	50	5288	4447	5143	5762	2200	2858	2091	2273

Tabela 52. Valores médios para a coesividade e elasticidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Coesividade				Elasticidade			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	0,6089	0,4939	0,4177	0,4433	0,8796	0,8781	0,8487	0,8428
2	0,65	55	0,2875	0,3350	0,4413	0,5524	0,8324	0,8494	0,8430	0,8698
3	0,85	45	0,5047	0,3772	0,3802	0,4527	0,8924	0,8786	0,8794	0,8755
4	0,85	55	0,5872	0,4750	0,3790	0,6075	0,8848	0,90	0,8629	0,8889
5	0,61	50	0,6275	0,4698	0,5792	0,6745	0,8673	0,8532	0,8533	0,8736
6	0,89	50	0,5074	0,3995	0,4757	0,6352	0,8819	0,886	0,8779	0,8802
7	0,75	43	0,5001	0,4760	0,5143	0,6618	0,8807	0,8716	0,8802	0,8904
8	0,75	57	0,6855	0,7111	0,6716	0,6603	0,8840	0,8899	0,8817	0,8832
9	0,75	50	0,3208	0,3053	0,3194	0,5288	0,8624	0,8379	0,8437	0,8514
10	0,75	50	0,4212	0,4397	0,3830	0,3003	0,8429	0,854	0,8343	0,8619
11	0,75	50	0,3471	0,4057	0,2379	0,3379	0,8528	0,8619	0,8526	0,8488

5.7.5.1.1 Dureza

A Tabela 53 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e o p-valor para a dureza dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa do queijo afetaram significativamente ($p < 0,05$) a dureza dos queijos nos dias 20 e 90 de armazenamento refrigerado. No dia 40 de armazenamento refrigerado, somente a Tcoz da massa influenciou significativamente ($p < 0,05$) a dureza dos queijos de coalho. No dia 60, a dureza foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) pela relação CN/G do leite, pela temperatura de cozimento da massa e pela interação dos fatores.

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para a dureza (D) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado são apresentados nas equações 43, 44, 45 e 46.

$$\text{Dureza } d_{20} = 5580,97 + 1678,95 \text{CN/G} + 1230,71 \text{Tcoz} + 2547,29 \text{Tcoz}^2 \quad (43)$$

$$\text{Dureza } d_{40} = 5497,35 + 2987,11 \text{Tcoz}^2 \quad (44)$$

$$\text{Dureza } d_{60} = 5201,61 + 957,47 \text{CN/G} + 1436,93 \text{CN/G}^2 + 2520,97 \text{Tcoz} + 3045,83 \text{Tcoz}^2 + 1564,92 \text{CN/G} \times \text{Tcoz} \quad (45)$$

$$\text{Dureza } d_{90} = 5403,43 + 1747,99 \text{CN/G} + 1960,41 \text{Tcoz} + 3225,01 \text{Tcoz}^2 \quad (46)$$

Tabela 53. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para dureza dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Dureza dia 20	Coef.regressão	4841,74	1678,95	785,43	1230,71	2778,30	664,68
	Erro-padrão	771,67	472,55	562,44	472,55	562,44	668,28
	p-valor	0,0015	0,0163	0,2214	0,0480	0,0043	0,3656
Dureza dia 40	Coef.regressão	5063,99	993,61	460,44	1309,32	3122,53	854,77
	Erro-padrão	736,76	451,17	536,99	451,17	536,99	638,05
	p-valor	0,0009	0,0788	0,4304	0,0337	0,0021	0,2380
Dureza dia 60	Coef.regressão	5201,61	957,47	1436,93	2520,97	3045,83	1564,92
	Erro-padrão	469,97	287,80	342,55	287,80	382,55	407,01
	p-valor	0,0001	0,0208	0,0085	0,0003	0,0003	0,0121
Dureza dia 90	Coef.regressão	5481,12	1747,99	-82,55	1960,40	3200,73	521,33
	Erro-padrão	629,99	385,79	459,18	385,79	459,18	545,59
	p-valor	0,0003	0,0062	0,8644	0,0038	0,0009	0,3832

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

A ANOVA para a dureza dos queijos de coalho, durante o armazenamento refrigerado, foi realizada considerando-se somente os termos estatisticamente significativos e os resultados estão apresentados na Tabela 54. Os coeficientes de determinação foram iguais a 84,06% (dia 20), 77,36% (dia40), 97,36% (dia60) e 94,41% (dia90). O teste de F foi significativo para os todos os dias de armazenamento refrigerado, com valor de F calculado de 2,8 a 9,0 vezes maior que $F_{tabelado}$, indicando que os modelos obtidos foram preditivos. A Figura 35 apresenta a superfície de resposta e curva de contorno para a dureza dos queijos em relação à temperatura de cozimento e da relação CN/G do leite para o dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 54. ANOVA para a dureza dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	7,48 E+07	6,89 E+07	1,22 E+08	1,19 E+08	3	2	5	3	2,43 E+05	3,44 E+07	2,44 E+07	3,98 E+09	12,30	13,67	36,87	39,38
Resíduo	1,42 E+07	2,02 E+07	3,31 E+06	7,08 E+06	7	8	5	7	2,06 E+05	2,52 E+08	6,62 E+05	1,01 E+08				
Total	8,90 E+07	8,90 E+07	1,25 E+08	1,27 E+08	10	10	10	10	8,90 E+06	8,90 E+08	1,26 E+09	1,27 E+09				

d20 : $R^2=84,06\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0035

d40: $R^2=77,36\%$ $F_{2;8;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0026

d60: $R^2=97,36\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,0006

d90: $R^2=94,41\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0001

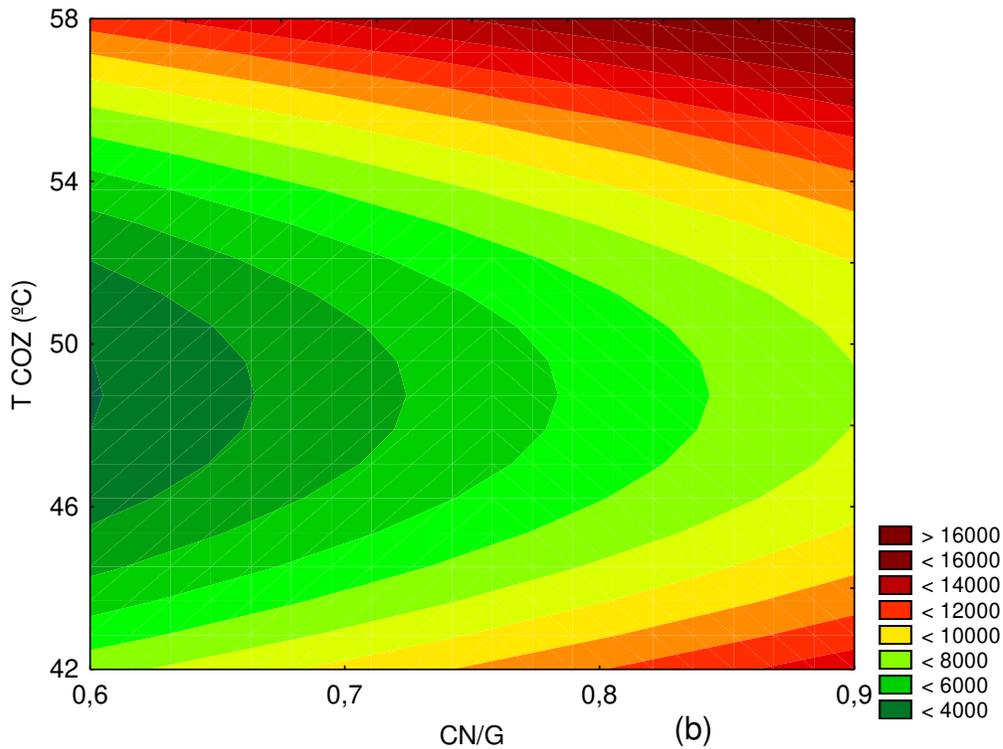
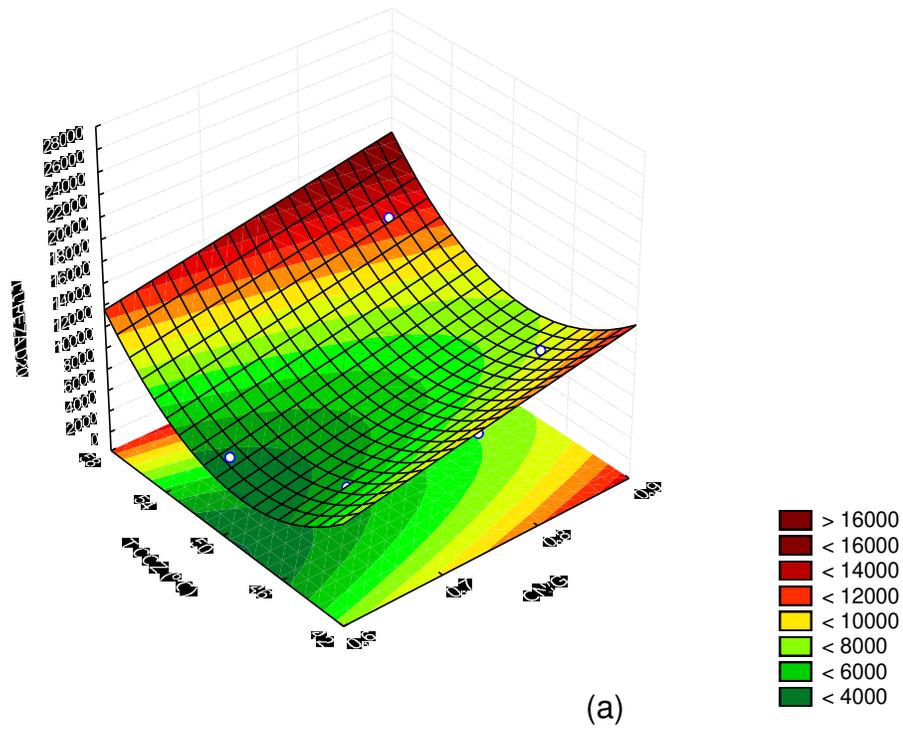


Figura 35. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a dureza do queijo de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado em relação à temperatura de cozimento e relação CN/G do leite.

A análise da superfície de resposta e curva de contorno (Figura 35 (a e b)) mostra que, o aumento da relação CN/G do leite levou a um pequeno acréscimo na dureza dos queijos; em temperaturas de cozimento da massa maiores que 57°C, a dureza dos queijos aumentou significativamente.

A dureza é uma propriedade sensorial que pode ser definida como a força necessária para comprimir o queijo entre os dentes molares, e instrumentalmente, como a força requerida para causar uma deformação (FOX, 2000; SZCZESNIAK, 1963). O aumento da temperatura de cozimento da massa, e a diminuição no teor de gordura do leite promovem maior contração da matriz protéica, com maior dessora da coalhada e, como conseqüência, os queijos se tornaram menos úmidos e mais duros. Com a diminuição da relação CN/G do leite, a gordura promoveu um impedimento físico nas interações e na contração matriz protéica do queijo, resultando em queijos mais macios.

A Figura 36 apresenta a evolução da dureza dos queijos de coalho, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado e a Figura 37 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a dureza dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

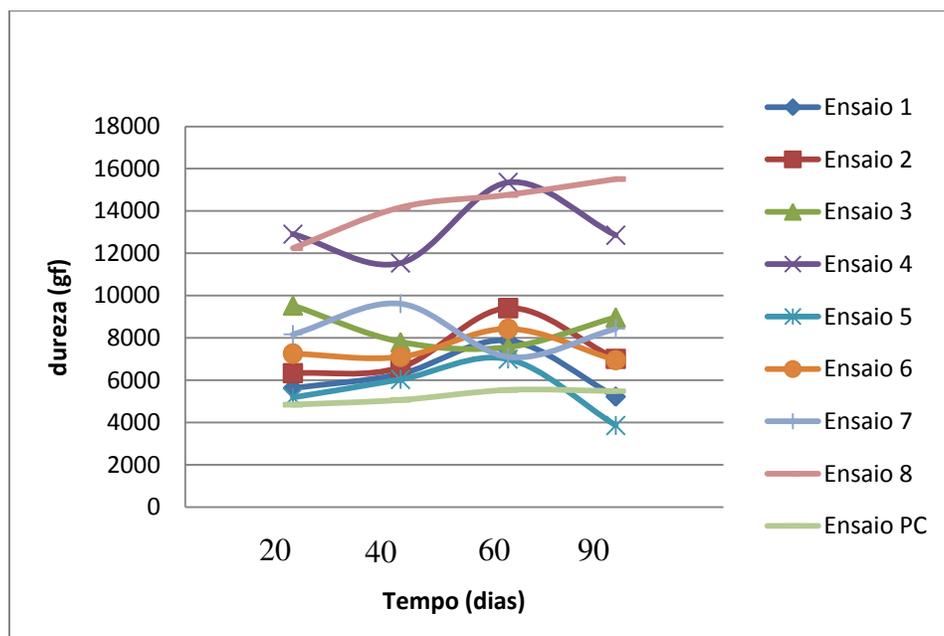
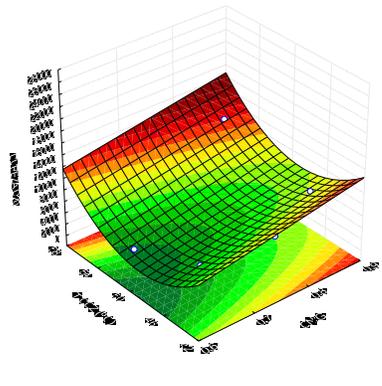
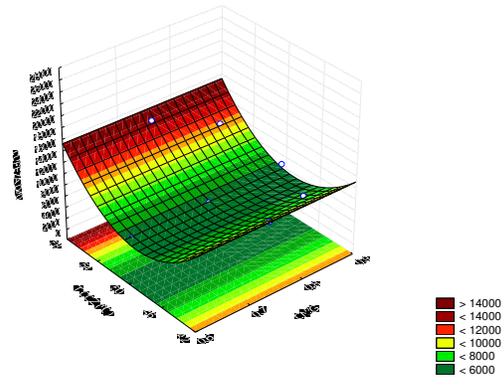


Figura 36. Evolução da dureza dos queijos de coalho ao longo do tempo de armazenamento refrigerado.

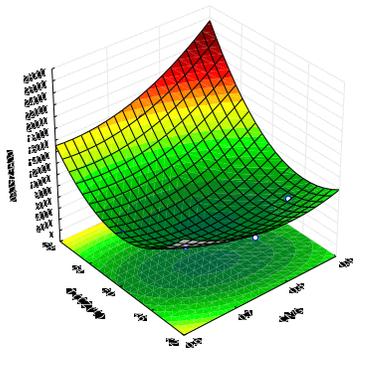
Os queijos de coalhos apresentaram, em geral, leve tendência à diminuição da dureza ao longo do tempo, possivelmente devido a extensão da proteólise, que foi baixa e limitada, mas suficiente para enfraquecer as interações da matriz protéica e diminuir a dureza dos queijos de coalho. Os ensaios 4 e 8 se destacaram por apresentarem maior dureza. O ensaio 4 possui elevada relação CN/G e temperatura de cozimento da massa, 0,85 e 55°C, respectivamente, enquanto que no ensaio 8 foi usada a mais alta temperatura de cozimento da massa, 57°C e a relação CN/G foi de 0,75. Ambos os ensaios (4 e 8) resultaram em queijos com os menores teores de umidade (39,03% e 38,32%, respectivamente), menores índice de extensão de proteólise e, explicam a dureza mais elevada apresentada pelos queijos.



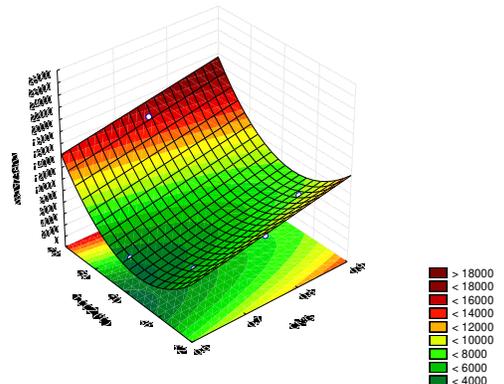
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 37. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a dureza dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.

Pela análise da Figura 37, pode ser verificado que os queijos de coalho, em geral, apresentaram baixa dureza (6 a 8×10^3 gf) durante todo o armazenamento refrigerado, indicando que o tempo exerceu pouca influência na dureza dos queijos. A elevação de temperatura de cozimento da massa resultou em aumento na dureza dos queijos, em torno de 16×10^3 a 18×10^3 g, independente do dia de armazenamento refrigerado.

5.7.5.1.2 Mastigabilidade

A Tabela 55 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e o p-valor para a mastigabilidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa influenciou significativamente ($p < 0,05$) a mastigabilidade dos queijos de coalho nos dias 20 e 90 de armazenamento refrigerado, sendo que, no dia 20 a interação dos fatores também se mostrou significativa ($p < 0,05$). Nos dias 40 e 60, somente a Tcoz de cozimento da massa exerceu influência significativa ($p < 0,05$) na mastigabilidade dos queijos.

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a mastigabilidade (M) dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado são apresentados nas equações 47, 48, 49 e 50, respectivamente.

$$M_{d20} = 2513,54 + 397,23CN/G + 253,51Tcoz + 1708,86Tcoz^2 + 577,27 CN/G \times Tcoz \quad (47)$$

$$M_{d40} = 2515,09 + 1585,19 Tcoz + 2059,32 Tcoz^2 \quad (48)$$

$$M_{d60} = 2272,99 + 1142,51 Tcoz + 2166,06 Tcoz^2 \quad (49)$$

$$M_{d90} = 2352,66 + 904,79 CN/G + 1259,10Tcoz + 2268,91 Tcoz^2 \quad (50)$$

A ANOVA para a mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado, considerando-se somente os termos estatisticamente significativos, está apresentada na Tabela 56. Os coeficientes de determinação foram iguais a 96,65% (dia 20), 92,17% (dia40), 82,02% (dia60) e 91,72% (dia90). O teste de F foi altamente significativo em todos os dias de armazenamento refrigerado, com valor de F calculado de 3,9 a 9,6 vezes maior que F tabelado, indicando que os modelos obtidos foram preditivos.

A Figura 38 (a e b) apresenta a superfície de resposta e curva de contorno para a mastigabilidade dos queijos de coalho em relação à temperatura de cozimento e da relação CN/G do leite para o dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 55. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para mastigabilidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Mastigabilidade dia 20	Coef.regressão	2265,85	397,23	263,17	1253,51	1786,27	577,27
	Erro-padrão	225,15	137,87	164,10	137,87	164,10	194,48
	p-valor	0,0002	0,0345	0,1697	0,0003	0,0001	0,0315
Mastigabilidade dia 40	Coef.regressão	2605,87	16,29	-124,39	1577,04	2003,01	111,75
	Erro-padrão	506,85	358,40	400,70	358,40	400,70	620,76
	p-valor	0,0036	0,9655	0,7687	0,0070	0,0041	0,8642
Mastigabilidade dia 60	Coef.regressão	2274,53	651,96	-1,63	1142,51	2165,58	145,00
	Erro-padrão	586,52	359,17	427,50	359,17	427,50	507,94
	p-valor	0,0117	0,1292	0,9971	0,0245	0,0038	0,7867
Mastigabilidade dia 90	Coef.regressão	2279,06	904,79	78,19	1259,10	2291,91	343,65
	Erro-padrão	523,11	320,33	381,28	320,33	381,27	453,02
	p-valor	0,0073	0,0369	0,8456	0,0111	0,0018	0,4823

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 56. ANOVA para a mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	3,32 E+07	3,94 E+07	3,94 E+07	5,11 E+07	4	4	2	3	8,30 E+6	1,16 E+7	1,97 E+9	1,70 E+7	43,27	17,67	18,25	25,83
Resíduo	1,15 E+06	3,93 E+06	8,64 E+06	4,61 E+06	6	6	8	7	1,92 E+7	6,55 E+5	1,08 E+6	6,59 E+5				
Total	3,44 E+07	5,03 E+07	4,81 E+07	5,57 E+07	10	10	10	10	3,44 E+6	5,02 E+7	4,81 E+6	5,57 E+6				

d20 : $R^2=96,65\%$ $F_{4;6;0,05} = 4,53$ p-valor= 0,0001

d40: $R^2=92,17\%$ $F_{4;6;0,05} = 4,53$ p-valor= 0,0018

d60: $R^2=82,02\%$ $F_{2;8;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0010

d90: $R^2=91,72\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0004

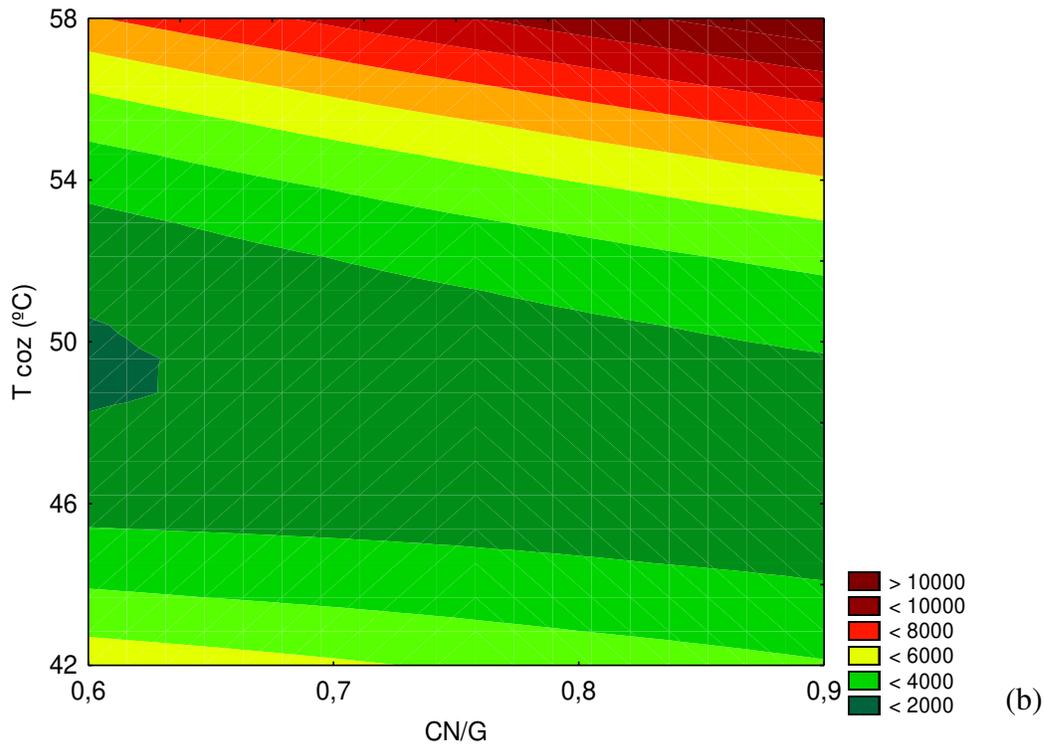
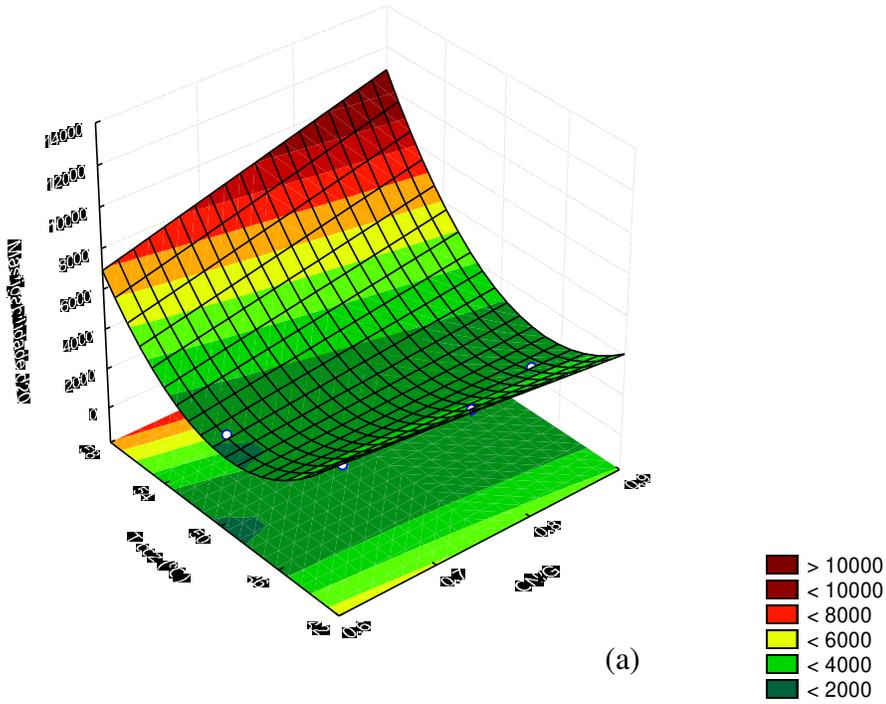


Figura 38. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a mastigabilidade do queijo de coalho em relação a temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.

A análise da superfície de resposta e curva de contorno, Figura 38 (a e b), mostrou que, em geral, os queijos de coalho apresentaram uma baixa mastigabilidade na faixa estudada. No entanto, a valores mais elevados da relação CN/G do leite e a temperaturas de cozimento da massa maiores que 57°C houve aumento da mastigabilidade dos queijos de coalho. A mastigabilidade pode ser definida como a energia requerida para mastigar o alimento e deixá-lo pronto para ser engolido. É uma propriedade sensorial secundária, sendo o resultado do produto dos parâmetros de dureza, coesividade e elasticidade (FOX, 2000; SZCZESNIAK, 1963). Houve uma relação direta entre a mastigabilidade e a dureza dos queijos de coalho. Os queijos mais duros apresentaram maior mastigabilidade, enquanto que os mais macios mostraram menor mastigabilidade (Tabela 51).

A Figura 39 apresenta a evolução da mastigabilidade dos queijos de coalho, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado e a Figura 40 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a mastigabilidade dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

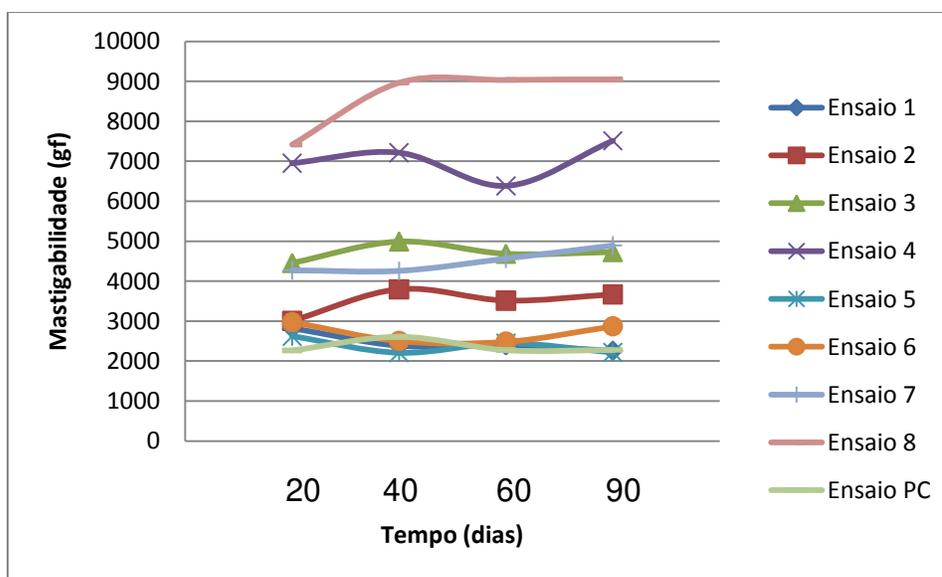


Figura 39. Evolução da mastigabilidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A mastigabilidade dos queijos de coalho foi praticamente estável durante o tempo de armazenamento refrigerado, indicando a pouca influência do tempo na mastigabilidade dos queijos. Houve um destaque para os ensaios 4 e 8 que resultaram em queijos com maior mastigabilidade, possivelmente devido ao baixo teor de umidade dos queijos nestes ensaios, 39,03% e 38,32%, respectivamente.

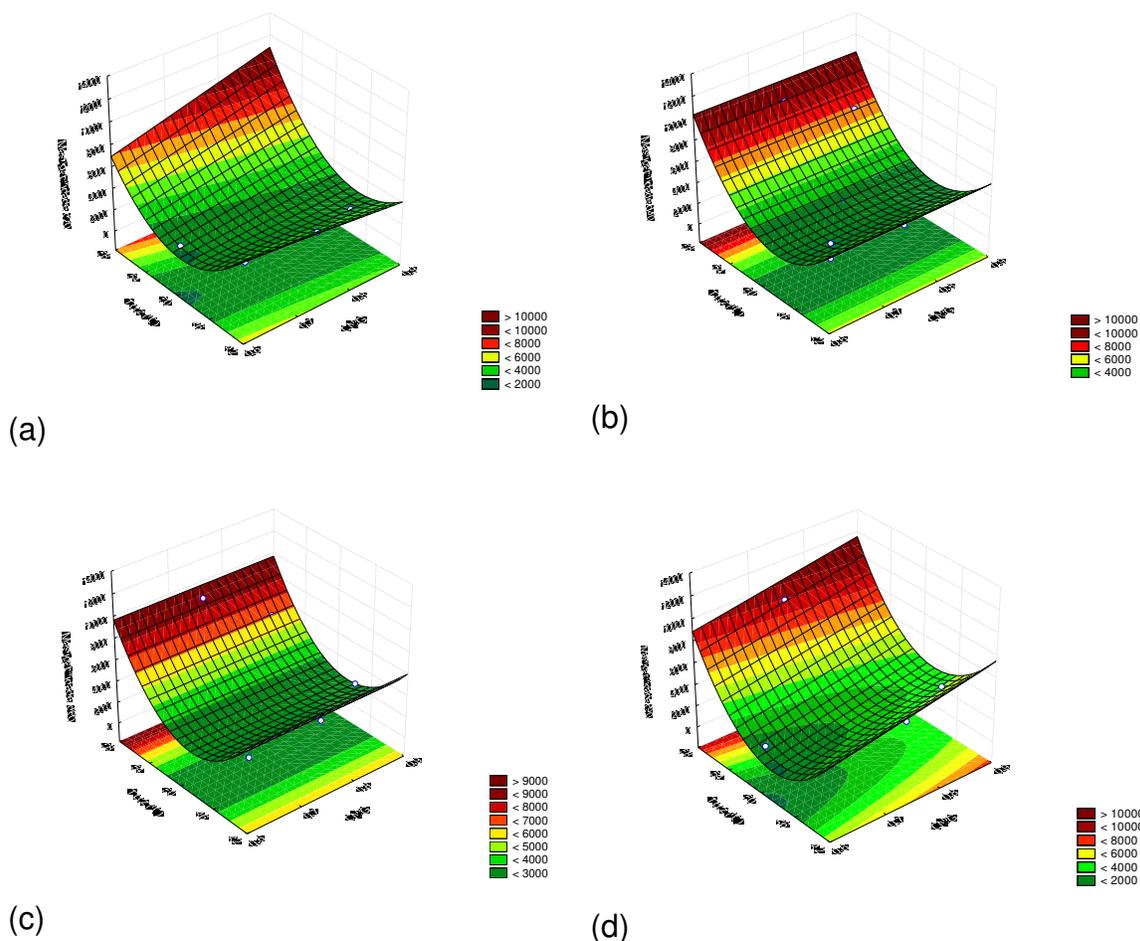


Figura 40. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a mastigabilidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.

Os queijos de coalho apresentaram, em geral, baixa mastigabilidade em torno de 4×10^3 g em todos os tempos de armazenamento refrigerado, indicando que o tempo exerceu pouca influência na mastigabilidade dos queijos (Figura 30 e 40). A elevação de temperatura de cozimento da massa resultou em aumento na mastigabilidade dos queijos, em torno de 8×10^3 a 10×10^3 gf, independente do dia de

armazenamento refrigerado. O comportamento da mastigabilidade com o tempo seguiu a mesma tendência já verificada para a dureza dos queijos de coalho (Figura 37).

5.7.5.1.3 Elasticidade e Coesividade

As Tabelas 57 e 58 apresentam, respectivamente, os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a elasticidade e coesividade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A elasticidade e a coesividade do queijo de coalho não foram significativamente ($p < 0,05$) afetadas pela relação CN/G do leite e pela Tcoz da massa.

A elasticidade pode ser definida como o grau de recuperação do queijo em voltar a sua forma original após a força causadora da deformação ter sido removida e a coesividade se refere a quanto o queijo pode ser deformado antes da sua ruptura (FOX et al, 2000). A coesividade está diretamente relacionada com a força entre as ligações internas da matriz do queijo (SZCZESNIAK, 1963). Quanto maior as interações, mais coeso o queijo, maior sua resistência à ruptura e, portanto mais elástico é o queijo. Como a matriz proteica é formada por ligações de proteínas unidas por pontes de fosfato de cálcio coloidal, o teor de caseína afeta a extensão e o grau de agregação entre as proteínas. É reconhecido que a diminuição de pH provoca a dissociação do cálcio micelar e, como conseqüência, ocorre o enfraquecimento da matriz protéica (LUCY et al, 1993).

Os queijos de coalho apresentaram baixa acidificação, pois foram fabricados sem adição de fermento láctico e, conseqüentemente apresentaram pH elevado, que variou de 6,7 a 6,9 (Tabela 3). Isso significa que os queijos possivelmente continham elevado teor de Ca coloidal e, portanto, a matriz protéica apresentava alto grau de agregação devido às fortes interações entre as proteínas, o que resultou em queijos coesos e elásticos.

Tabela 57. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a elasticidade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Elasticidade dia 20	Coef.Regressão	0,85	0,01	0,01	-0,01	0,01	0,01
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor	<0,0001	0,0796	0,1670	0,2562	0,0714	0,2117
Elasticidade dia 40	Coef.Regressão	0,85	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0002
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor	<0,0001	0,1464	0,1962	0,4675	0,0618	0,9841
Elasticidade dia 60	Coef.Regressão	0,84	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,01
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor	<0,0001	0,7938	0,3294	0,3005	0,0781	0,7516
Elasticidade dia 90	Coef.Regressão	0,85	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,01
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor	<0,0001	0,2719	0,2258	0,3489	0,0783	0,6532

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

Tabela 58. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a coesividade dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
Coesividade dia 20	Coef.Regressão	0,36	0,01	0,08	0,01	0,09	0,10
	Erro-padrão	0,07	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06
	p-valor	0,0029	0,9385	0,1562	0,9485	0,1119	0,1433
Coesividade dia 40	Coef.Regressão	0,38	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
	Erro-padrão	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
	p-valor	0,0016	0,9132	0,8258	0,0823	0,3715	0,1553
Coesividade dia 60	Coef.Regressão	0,31	-0,05	0,03	0,01	0,11	-0,01
	Erro-padrão	0,07	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06
	p-valor	0,0061	0,2825	0,5694	0,7315	0,0739	0,9214
Coesividade dia 90	Coef.Regressão	0,38	0,01	0,09	0,03	0,10	0,01
	Erro-padrão	0,07	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06
	p-valor	0,0033	0,9813	0,1322	0,5025	0,1228	0,8655

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% (p<0,05).

A análise de variância (ANOVA) para a elasticidade e a coesividade do queijo de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado são apresentadas nas Tabelas 59 e 60, respectivamente. A porcentagem de variação explicada (R^2) para a elasticidade dos queijos foi igual 74,61% (dia20); 73,92% (dia40); 56,91% (dia60) e 62,35% (dia90). Para a coesividade, os coeficientes de determinação (R^2) foram iguais a 61,67% (dia20); 57,93% (dia40); 57,18% (dia60) e 53,31% (dia90). O teste de F não foi significativo para ambas as respostas, com valores de F calculado menores que o de F tabelado. Portanto, não foi possível estabelecer um modelo, e construir as superfícies de resposta e curvas de contorno para a elasticidade e coesividade do queijo de coalho ao longo do tempo de armazenamento refrigerado. As baixas porcentagens de variação explicada obtidas, se devem possivelmente, à baixa variabilidade entre as respostas (Tabela 52), tanto para a elasticidade quanto para a coesividade, em todos os tempos de armazenamento refrigerado. Isso indica que, para qualquer condição estudada, os valores de elasticidade e coesividade foram praticamente os mesmos, ou seja, não foram função das variáveis estudadas (relação CN/G do leite e Tcoz da massa).

Tabela 59. ANOVA para a elasticidade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	2,80 E-03	2,57 E-03	1,72 E-03	1,68 E-03	5	5	5 0	5	1,00 E-03	5,15 E-04	3,44 E-04	3,36 E-04	2,94	2,83	1,32	1,66
Resíduo	1,00 E-03	9,07 E-04	1,30 E-03	1,01 E-03	5	5	5	5	2,00 E-04	1,81 E-04	2,61 E-04	2,03 E-04				
Total	3,80 E-03	3,48 E-03	3,03 E-03	2,69 E-03	10	10	10	10	4,00 E-04	3,48 E-04	3,03 E-04	2,69 E-04				

d20 : $R^2=74,61\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,1308

d40: $R^2=73,92\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,1391

d60: $R^2=56,91\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3840

d90: $R^2=62,35\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2958

Tabela 60. ANOVA para a coesividade dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	1,09 E-01	6,69 E-02	9,53 E-02	9,38 E-02	5	5	5	5	2,17 E-02	1,34 E-02	1,91 E-02	1,88 E-02	1,61	1,38	1,34	1,14
Resíduo	6,74 E-02	4,86 E-02	7,14 E-02	8,21 E-02	5	5	5	5	1,35 E-02	9,72 E-03	1,43 E-02	1,64 E-02				
Total	1,76 E-01	1,16 E-01	1,67 E-01	1,76 E-01	10	10	10	10	1,76 E-02	1,16 E-02	1,67 E-02	1,76 E-02				

d20 : $R^2=61,72\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3070

d40: $R^2=57,93\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3662

d60: $R^2=57,18\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3780

d90: $R^2=53,31\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,4446

As Figuras 41 e 42 apresentam, respectivamente, a evolução da elasticidade e da coesividade dos queijos de coalho, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado. A elasticidade praticamente não se alterou com o tempo de armazenamento (Figura 41) e houve uma leve tendência ao aumento da coesividade com o tempo (Figura 42), possivelmente relacionada à perda de umidade do queijo, por evaporação, com o tempo de armazenamento refrigerado.

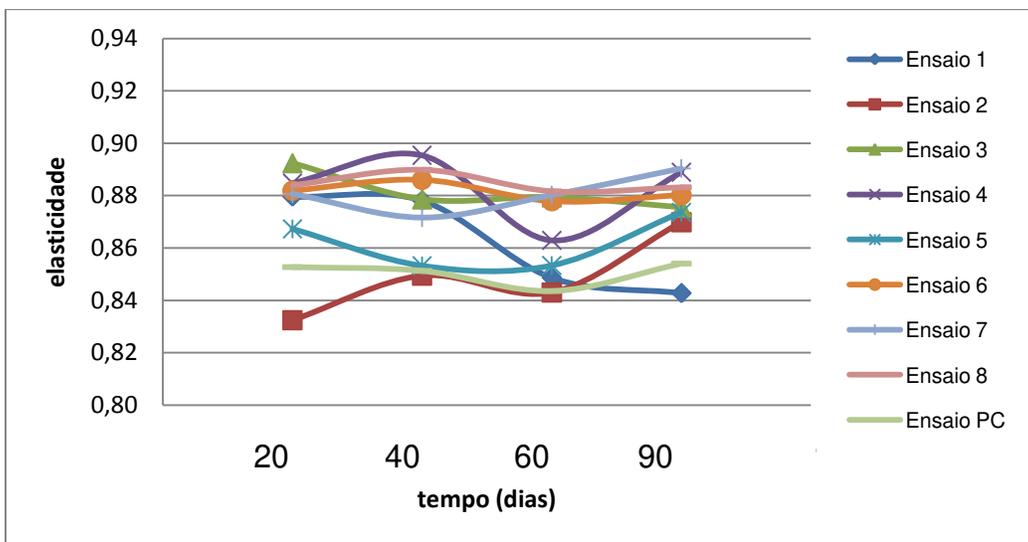


Figura 41. Evolução da elasticidade dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado.

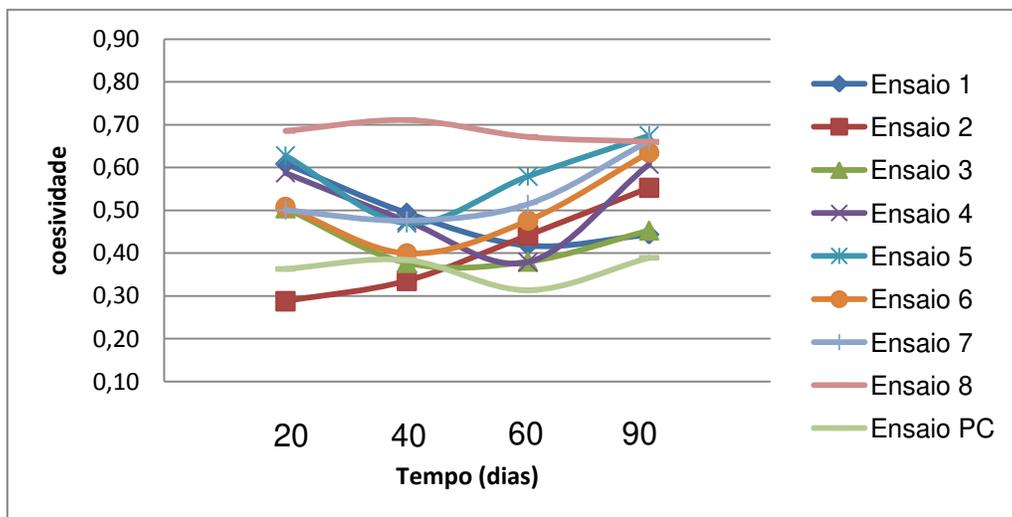


Figura 42. Evolução da coesividade dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado.

5.7.5.2 Propriedades Reológicas

A textura sensorial é uma propriedade bastante complexa dos alimentos que inclui propriedades físicas não detectadas pelos métodos reológicos. Em geral, as propriedades reológicas determinadas por fratura e teste de Creep são os que mostram o mais alto grau de correlação com os termos sensoriais

5.7.5.2.1 Compressão Uniaxial

As Tabelas 61 e 62 apresentam os valores médios para a tensão na ruptura (σ_{rup}) e deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}); e tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) e módulo de elasticidade (E), respectivamente, para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 61. Valores médios da tensão na ruptura (σ_{rup}) e deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Tensão na ruptura (σ_{rup}) (Pa) x 10 ⁵				Deformação na ruptura (ϵ_{Hrup})			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	1,72	1,98	2,51	1,49	0,49	0,45	0,46	0,48
2	0,65	55	2,10	2,15	2,52	2,53	0,42	0,44	0,40	0,44
3	0,85	45	2,46	2,37	2,06	2,81	0,41	0,43	0,43	0,43
4	0,85	55	3,69	4,22	5,52	4,58	0,45	0,49	0,45	0,48
5	0,61	50	1,81	1,87	2,42	1,62	0,46	0,43	0,43	0,53
6	0,89	50	2,48	2,58	2,68	2,47	0,42	0,43	0,41	0,46
7	0,75	43	2,36	2,12	2,46	2,65	0,48	0,45	0,48	0,49
8	0,75	57	4,29	5,66	5,13	4,83	0,48	0,53	0,49	0,55
9	0,75	50	1,30	1,35	1,50	1,74	0,44	0,43	0,42	0,42
10	0,75	50	1,38	1,40	1,63	1,80	0,41	0,41	0,41	0,42
11	0,75	50	1,24	1,31	1,39	1,71	0,46	0,45	0,43	0,43

Tabela 62. Valores médios da tensão máxima ($\sigma_{\text{máx}}$) e módulo de elasticidade (E) para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Tensão máxima ($\sigma_{\text{máx}}$) (Pa) x 10 ⁵				Módulo de elasticidade (E) (Pa) x 10 ⁷			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	2,92	2,91	3,81	1,91	1,63	2,04	2,48	1,37
2	0,65	55	4,07	3,58	4,05	4,21	2,51	2,20	3,30	2,89
3	0,85	45	3,65	4,03	4,01	4,54	2,94	2,54	2,22	3,01
4	0,85	55	6,29	5,19	6,82	5,84	4,37	3,55	6,06	4,35
5	0,61	50	3,31	3,11	3,80	2,67	1,71	1,86	2,64	1,28
6	0,89	50	4,68	4,52	4,75	3,87	2,74	2,37	2,98	2,37
7	0,75	43	3,49	3,90	3,27	3,65	2,00	2,21	2,10	2,16
8	0,75	57	7,08	5,68	6,40	5,84	4,25	3,56	4,89	4,33
9	0,75	50	2,99	2,99	2,84	3,55	2,04	1,54	1,80	2,11
10	0,75	50	3,45	3,31	3,17	3,08	2,06	1,61	1,99	1,97
11	0,75	50	2,42	2,74	2,66	3,62	2,15	1,51	1,71	2,15

5.7.5.2.1.1 Tensão na ruptura (σ_{rup}) e Tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$)

As Tabelas 63 e 64 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a tensão na ruptura e tensão máxima, respectivamente, dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa influenciou significativamente ($p < 0,05$) a tensão na ruptura e a tensão máxima dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado. No dia 60 de armazenamento refrigerado, a interação dos fatores também se mostrou significativa ($p < 0,05$).

Os modelos ajustados, incluindo somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para a tensão na ruptura dos queijos de coalho para os dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado são representados pelas equações 51, 52, 53 e 54, respectivamente

$$T_{rup} d20 = 174388,80 + 47519,10CN/G + 60912,40Tcoz + 81867,30Tcoz^2 \quad (51)$$

$$T_{rup} d40 = 170237,30 + 49080,70 CN/G + 93515,40Tcoz + 109573,80 Tcoz^2 \quad (52)$$

$$T_{rup} d60 = 149979 + 36336,80 CN/G + 52073,30 CN/G^2 + 90465Tcoz + 114283,20 Tcoz^2 + 86437,30 CN/G \times Tcoz \quad (53)$$

$$T_{rup} d90 = 187153,60 + 57097,80 CN/G + 73794,70Tcoz + 94947,60 Tcoz^2 \quad (54)$$

Da mesma forma, os modelos ajustados, incluindo-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para a tensão máxima dos queijos de coalho para os dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado são apresentados nas equações 55, 56, 57 e 58, respectivamente.

$$T_{m\acute{a}x} d20 = 336980,50 + 100317,70Tcoz + 92521,40Tcoz^2 \quad (56)$$

$$T_{m\acute{a}x} d40 = 328802 + 58968,10 CN/G + 54138,40Tcoz + 71343,70 Tcoz^2 \quad (57)$$

$$T_{m\acute{a}x} d60 = 284331,80 + 53860,40 CN/G + 745240 CN/G^2 + 93428,90Tcoz + 102586,20 Tcoz^2 + 64192,70 CN/G \times Tcoz \quad (58)$$

$$T_{m\acute{a}x} d90 = 344640,60 + 74303,60 CN/G + 83716,10Tcoz \quad (59)$$

A análise de variância (ANOVA) para a tensão na ruptura e tensão máxima dos queijos de coalho durante o armazenamento refrigerado foi realizada, considerando-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), e os resultados são mostrados na Tabela 65 e 66, respectivamente. Os coeficientes de determinação para a tensão na ruptura foram iguais a 83,29% (dia 20), 83,07% (dia40), 96,59% (dia60) e 93,66% (dia90). Para a tensão máxima, os coeficientes de determinação foram iguais a 83,99% (dia 20), 87,12% (dia40), 95,96% (dia60) e 88,94% (dia90). O teste de F foi significativo para ambas as respostas, em todos os dias de armazenamento refrigerado, com valor de $F_{calculado}$ maior que $F_{tabelado}$, indicando que os modelos obtidos foram preditivos. As Figuras 43 e 44 apresentam, respectivamente, a superfície de resposta e curva de contorno para a tensão na ruptura e tensão máxima dos queijos de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 63. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a tensão na ruptura (σ_{rup}) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
T ruptura dia 20	Coef.regressão	1,44 E+05	4,75 E+04	3,26 E+04	6,09 E+04	9,15 E+04	3,47 E+04
	Erro-padrão	2,17 E+04	1,33 E+04	1,58 E+04	1,33 E+04	1,58 E+04	1,88 E+04
	p-valor	0,0012	0,0159	0,0940	0,0059	0,0022	0,1233
T ruptura dia 40	Coef.regressão	1,35 E+05	4,91 E+04	3,71 E+04	9,35 E+04	1,20 E+05	5,37 E+04
	Erro-padrão	3,06 E+04	1,87 E+04	2,23 E+04	1,87 E+04	2,23 E+04	2,65 E+04
	p-valor	0,0069	0,0471	0,1571	0,0041	0,0029	0,0987
T ruptura dia 60	Coef.regressão	1,50 E+05	3,63 E+04	5,21 E+04	9,05 E+04	1,14 E+05	8,64 E+04
	Erro-padrão	2,07 E+04	1,27 E+04	1,51 E+04	1,27 E+04	1,51 E+04	1,79 E+04
	p-valor	0,0008	0,0350	0,0181	0,0008	0,0006	0,0048
T ruptura dia 90	Coef.regressão	1,74 E+05	5,71 E+04	1,43 E+04	7,38 E+04	9,92 E+04	1,81 E+04
	Erro-padrão	2,00 E+04	1,23 E+04	1,46 E+04	1,23 E+04	1,46 E+04	1,74 E+04
	p-valor	0,0003	0,0056	0,3727	0,0018	0,0011	0,3447

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 64. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a tensão máxima ($\sigma_{\text{máx}}$) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Tensão máxima dia 20	Coef.regressão	2,99E+05	7,13E+04	3,98E+04	1,00E+05	1,04E+05	3,72E+04
	Erro-padrão	3,53E+04	2,16E+04	2,57E+04	2,16E+04	2,57E+04	3,06E+04
	p-valor	0,0004	0,0215	0,1825	0,0056	0,0098	0,2786
Tensão máxima dia 40	Coef.regressão	2,99E+05	5,90E+04	3,21E+04	5,41E+04	8,08E+04	1,25E+04
	Erro-padrão	1,96E+04	1,20E+04	1,43E+04	1,20 E+04	1,43 E+04	1,70 E+04
	p-valor	<0,0001	0,0045	0,0749	0,0064	0,0024	0,4953
Tensão máxima dia 60	Coef.regressão	2,84E+05	5,39 E+04	7,45 E+04	9,34 E+04	1,03 E+05	6,42 E+04
	Erro-padrão	2,25E+04	1,38E+04	1,64E+04	1,38E+04	1,64E+04	1,95E+04
	p-valor	0,0001	0,0114	0,0062	0,0011	0,0015	0,0217
Tensão máxima dia 90	Coef.regressão	3,55E+05	7,43E+04	-1,12E+04	8,37E+04	6,24E+04	-2,48E+04
	Erro-padrão	2,90E+04	1,78E+04	2,11E+04	1,78E+04	2,11E+04	2,51E+04
	p-valor	0,0001	0,0086	0,6186	0,0053	0,0317	0,3688

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 65. ANOVA para a tensão na ruptura (σ_{rup}) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	8,92 E+10	1,63 E+11	1,82 E+11	1,25 E+11	3	3	5	3	2,97 E+10	5,45 E+10	3,64 E+10	4,18 E+10	11,63	11,45	28,36	34,46
Resíduo	1,79 E+10	3,33 E+10	6,41 E+09	8,49 E+09	7	7	5	7	2,56 E+09	4,76 E+09	1,28 E+09	1,21 E+09				
Total	1,07 E+11	1,97 E+11	1,88 E+11	1,34 E+11	10	10	10	10	1,07 E+10	1,97 E+10	1,88 E+10	1,34 E+10				

d20 : $R^2=83,29\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0041

d40: $R^2=83,07\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0043

d60: $R^2=96,59\%$ $F_{5;5;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,0011

d90: $R^2=93,66\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0001

Tabela 66. ANOVA para a tensão máxima ($\sigma_{\text{máx}}$) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	1,74 E+11	8,27 E+10	1,81 E+11	1,27 E+11	3	3	5	3	5,80 E+10	2,76 E+10	3,62 E+10	4,23 E+10	12,24	15,78	23,77	18,77
Resíduo	3,32 E+10	1,22 E+10	7,62 E+09	1,58 E+10	7	7	5	7	4,74 E+09	1,75 E+09	1,52 E+09	2,25 E+09				
Total	2,07 E+11	9,50 E+10	1,89 E+11	1,43 E+11	10	10	10	10	2,07 E+10	9,50 E+09	1,89 E+10	1,43 E+10				

d20 : $R^2=83,99\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0036

d40: $R^2=87,12\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0017

d60: $R^2=95,96\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,0017

d90: $R^2=88,94\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0010

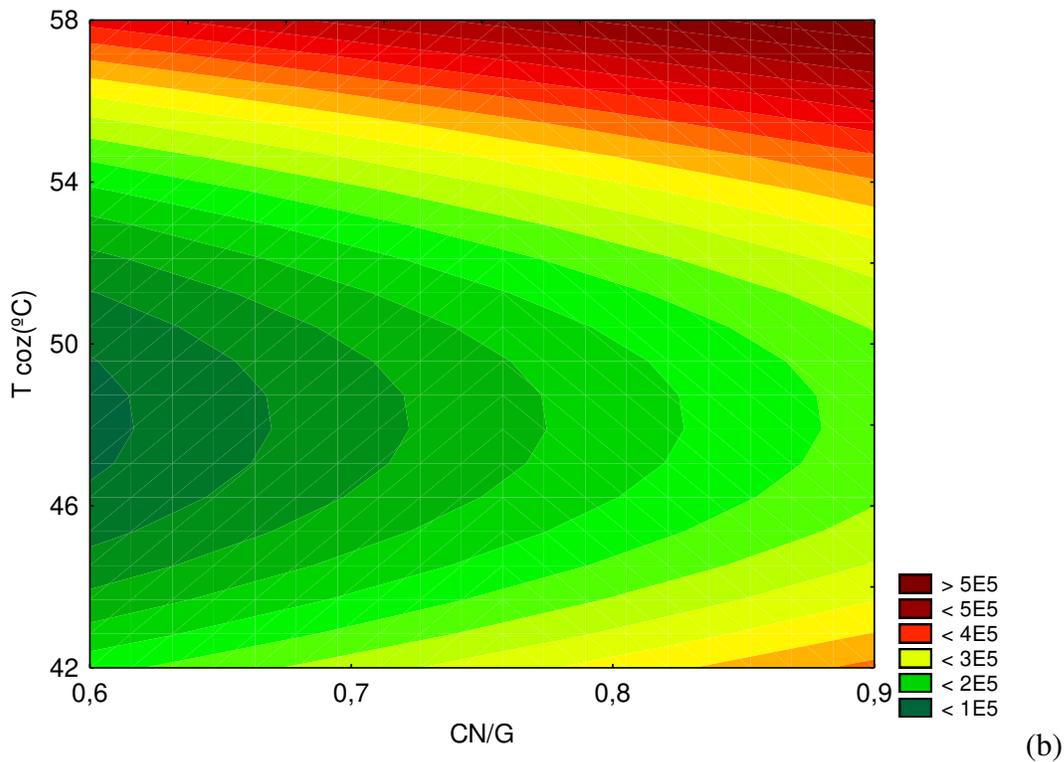
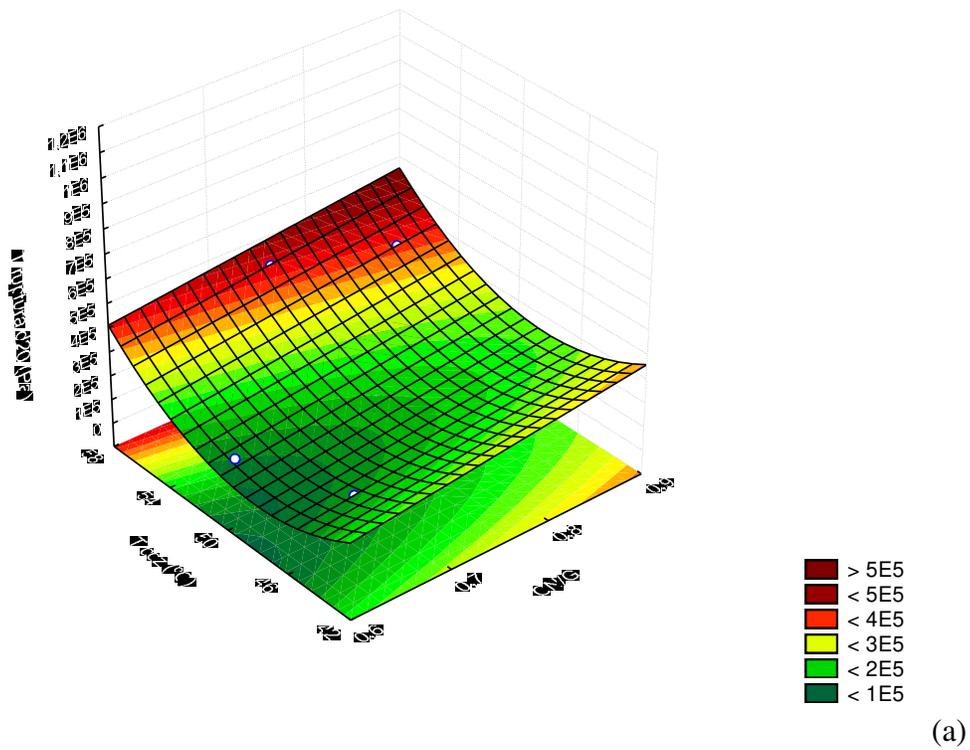


Figura 43. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a tensão na ruptura (σ_{rup}) do queijo de coalho em relação a temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.

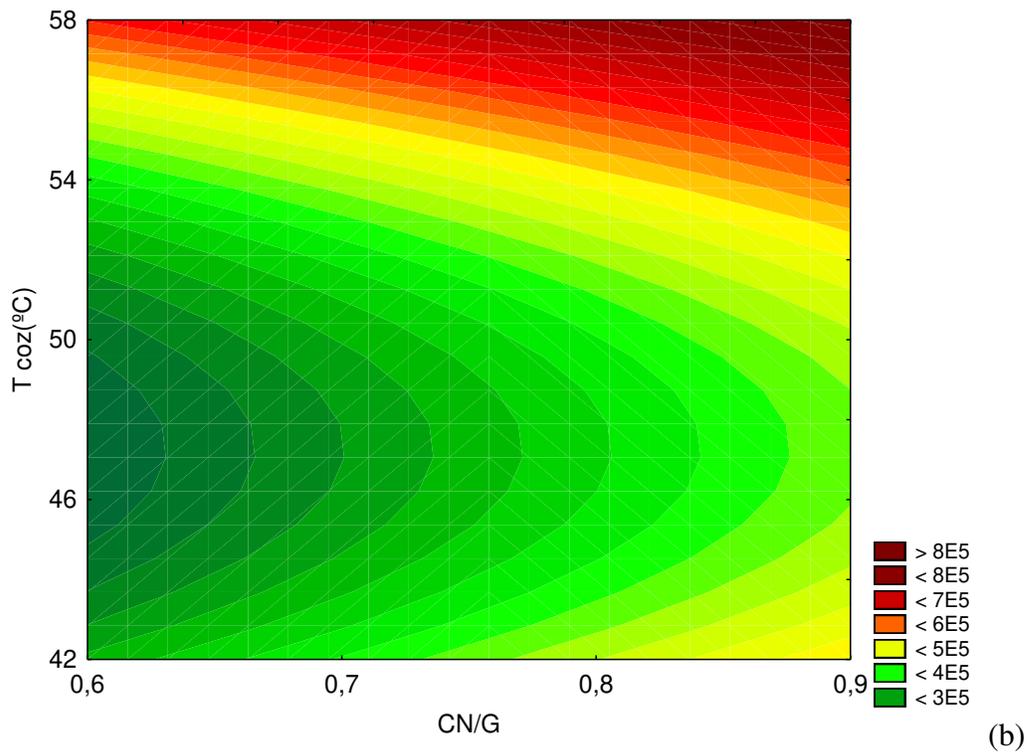
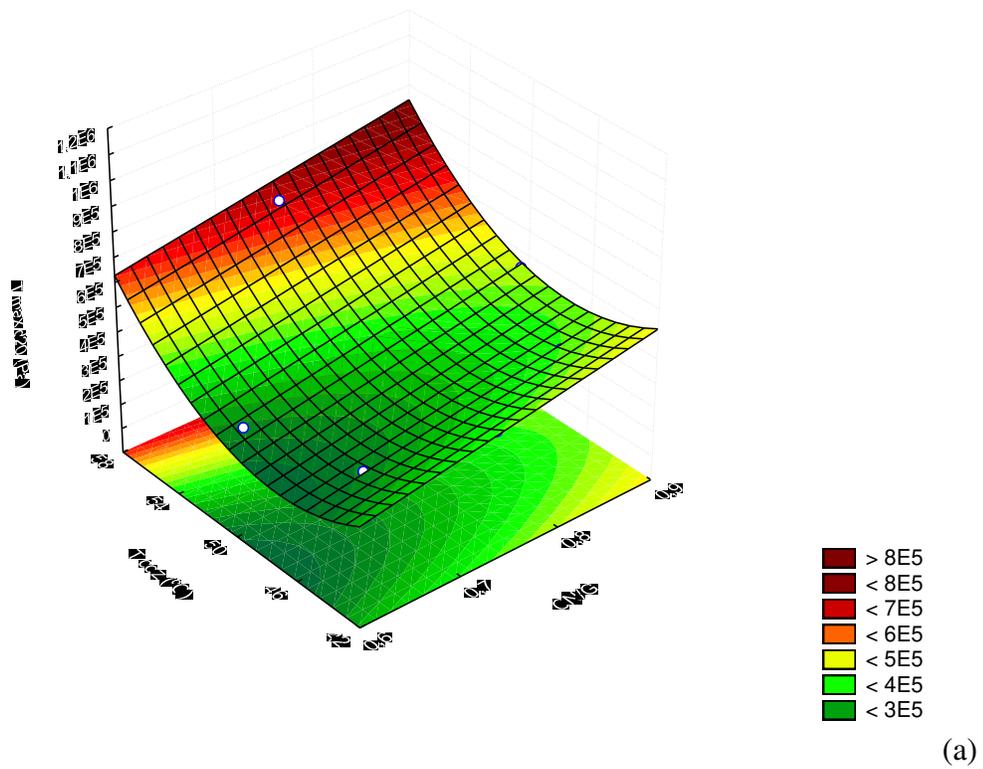


Figura 44. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a tensão máxima ($\sigma_{\text{máx}}$) do queijo de coalho em relação a temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.

A análise das superfícies de resposta e curva de contorno, Figura 43 e 44 (a e b), mostram que os queijos de coalho, em geral, apresentaram baixos valores de tensão na ruptura e tensão máxima. O aumento da relação CN/G do leite aumentou levemente a tensão na ruptura e a tensão máxima dos queijos de coalho. Só em temperaturas de cozimento da massa superiores a 57°C, a tensão na ruptura e máxima dos queijos tiveram um aumento significativo.

A caseína é a responsável pela rede protéica e pela estrutura do queijo. Quando intacta, confere um caráter sólido ou elástico ao queijo. O aumento da temperatura de cozimento da massa, e a diminuição no teor de gordura do leite promoveram maior contração da matriz protéica, com maior dessoragem do coágulo (GUNASEKARAN; AK, 2003; MATEO *et al.*, 2009; GUINNÉ, 2003) e como consequência, os queijos se tornam menos úmidos, mais duros e mais energia é requerida para comprimir/romper o queijo, resultando em maiores tensão máxima do queijo e tensão na ruptura.

A tensão na ruptura é definida como a tensão necessária para romper a matriz protéica, podendo ser relacionada com a dureza do queijo (Fox *et al.*, 2000). A tensão máxima é definida como a tensão necessária para comprimir a amostra até 85% da sua altura. Esta propriedade também está relacionada à dureza, uma vez que quanto mais duro o queijo maior a tensão necessária para comprimir a amostra.

Assim, houve uma correlação direta entre as propriedades de dureza, tensão na ruptura e tensão máxima. Esse fato pode ser comprovado pela análise das Figuras 35, 43 e 44 que apresentam as superfícies de resposta para a dureza, tensão na ruptura e tensão máxima, respectivamente, dos queijos de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado. As superfícies de resposta apresentam comportamento semelhante e mostram que queijos com maior dureza também apresentaram maior tensão na ruptura e maior tensão máxima.

As Figuras 45 e 46 apresentam a evolução da tensão na ruptura e tensão máxima dos queijos de coalho, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado

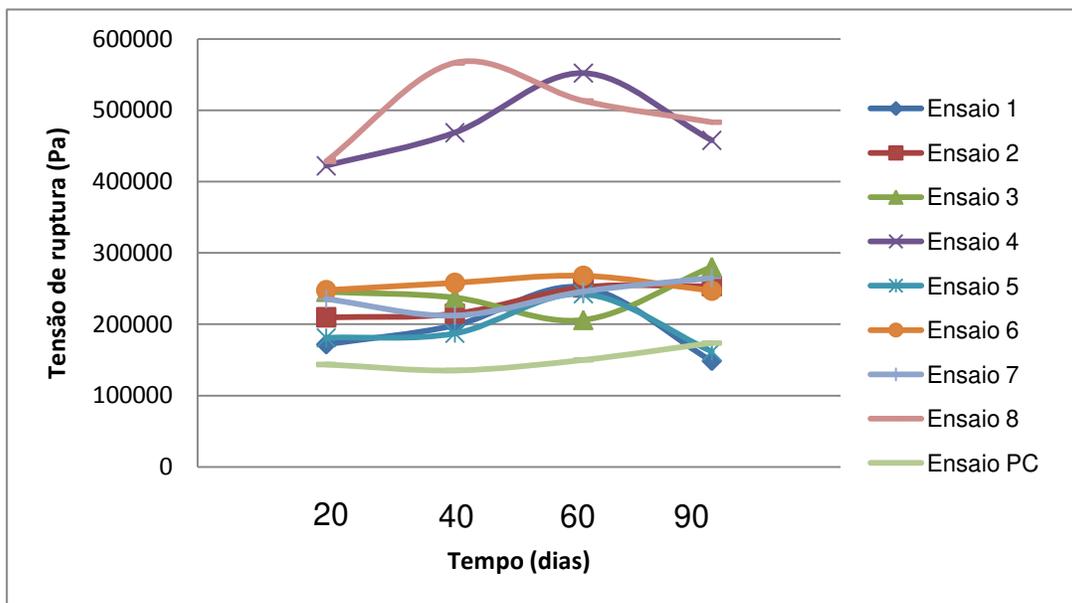


Figura 45. Evolução da tensão na ruptura dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

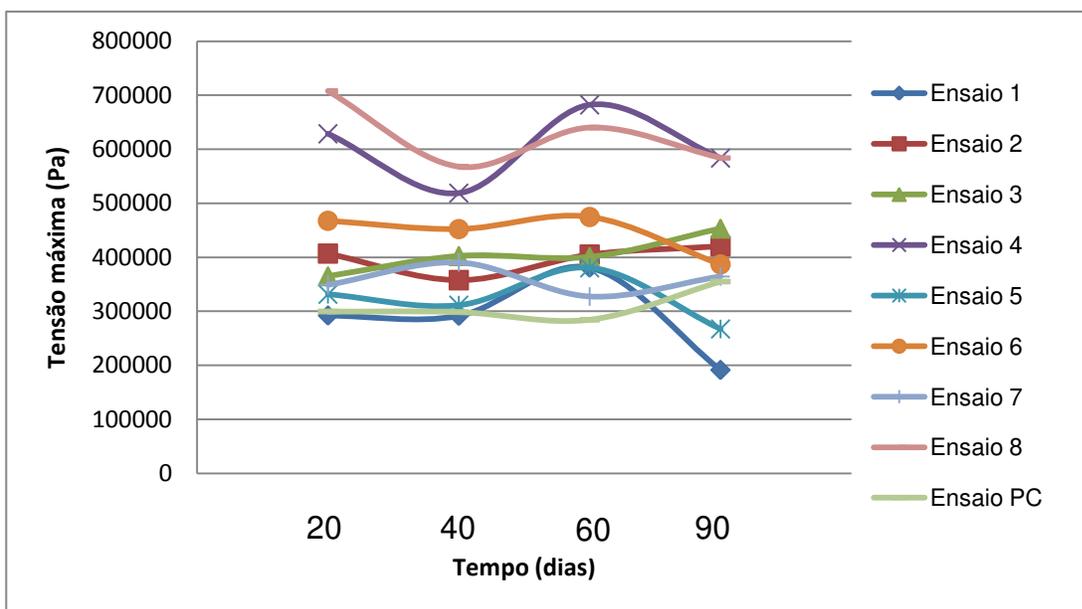


Figura 46. Evolução da tensão máxima dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

Os ensaios 4 (relação CN/G=0,85 e $T_{coz}= 55^{\circ}C$) e 8 (relação CN/G= 0,75 e $T_{coz}= 57^{\circ}C$) se destacaram por apresentar maior tensão na ruptura e tensão máxima. O mesmo foi verificado com a dureza (Figura 36) indicando mais uma vez a correlação direta entre a dureza, tensão na ruptura e máxima dos queijos de

coalho. Ao longo do tempo, os valores de tensão máxima e tensão na ruptura e se mantiveram constantes, mostrando que estes parâmetros não foram influenciados pelo armazenamento refrigerado. Um fator que pode influenciar a tensão máxima e a tensão na ruptura ao longo do tempo é a proteólise, que causa o enfraquecimento e amolecimento da matriz protéica. No entanto, a proteólise foi baixa e limitada para todos os queijos (Figura 18), o que explica a pouca variação ocorrida da tensão máxima e tensão na ruptura dos queijos durante o tempo de armazenamento refrigerado.

As Figuras 47 e 48 mostram a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a tensão na ruptura e tensão máxima, respectivamente, dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

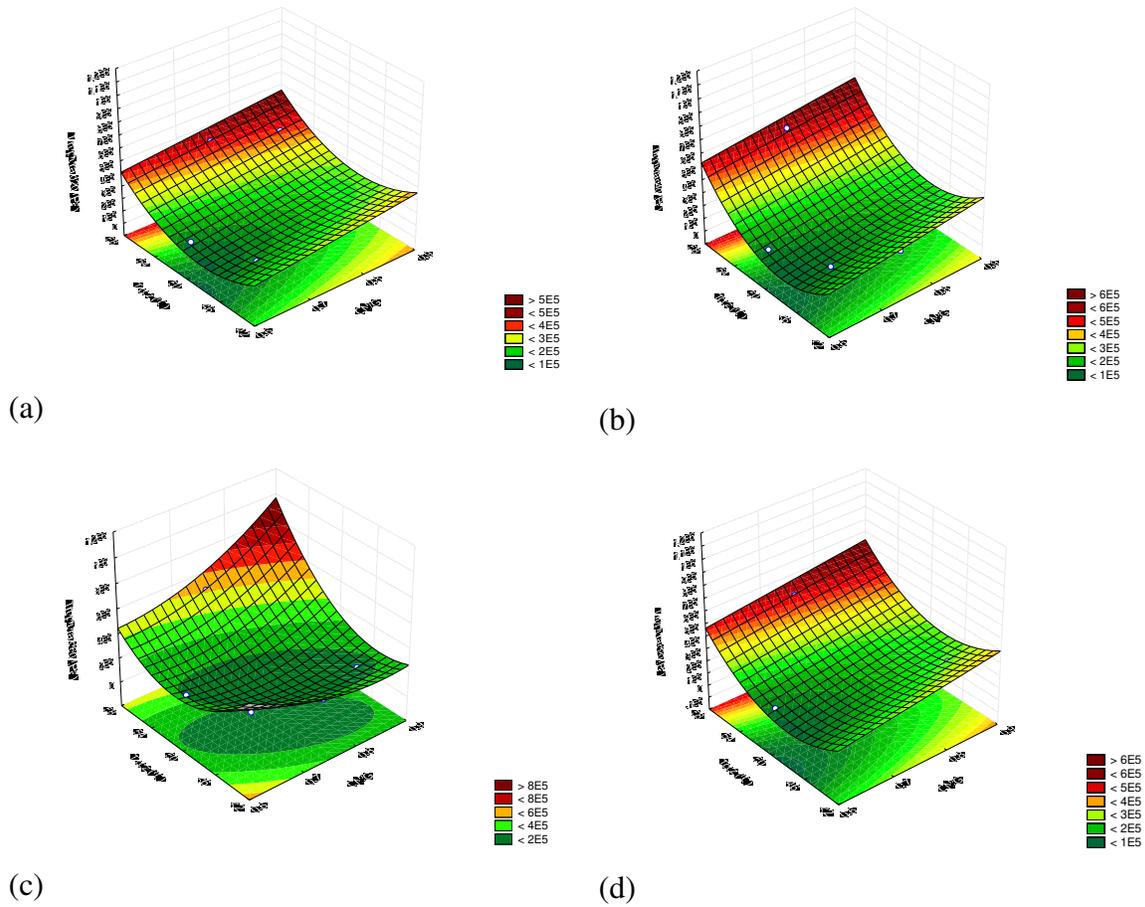


Figura 47. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a tensão na ruptura dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.

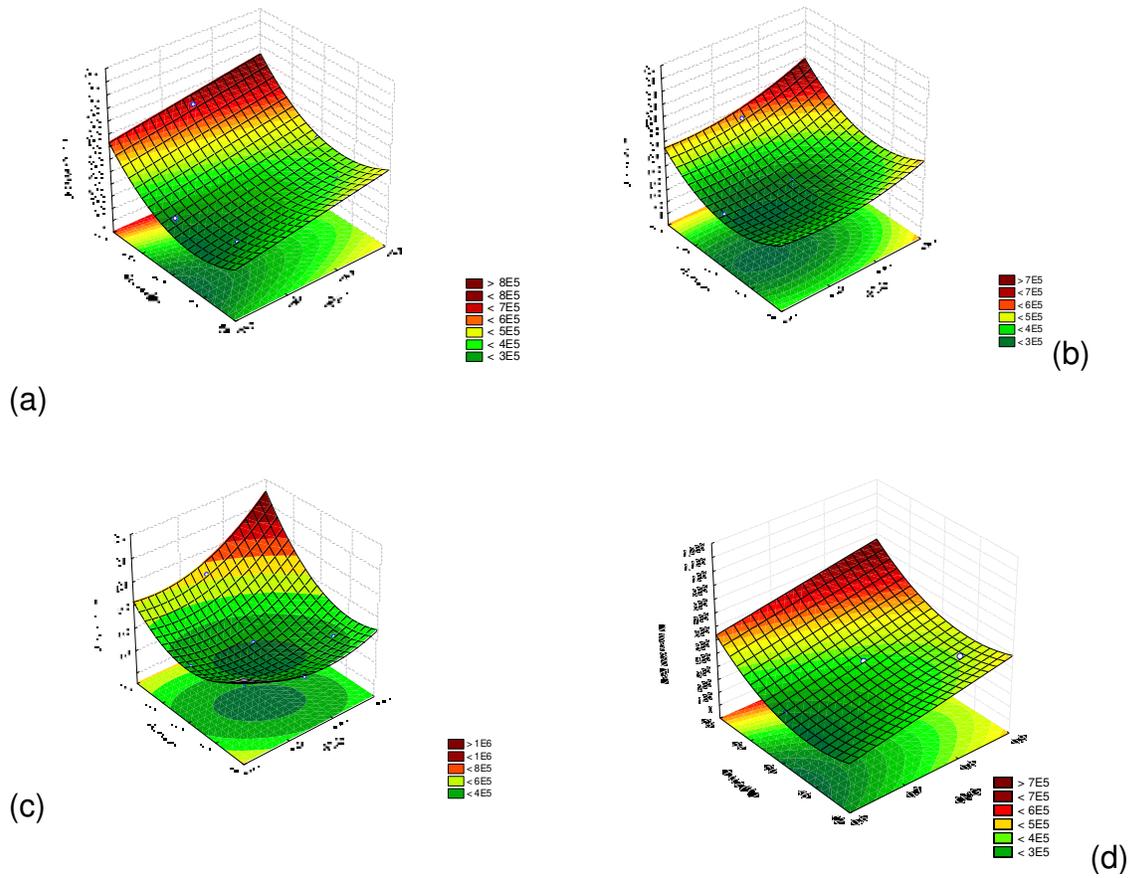


Figura 48. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para a tensão máxima dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.

Os queijos de coalho apresentaram, em geral, baixa tensão na ruptura, em torno de 2×10^5 a 4×10^5 g (Figura 47), e baixa tensão máxima, em torno de 3×10^5 a 4×10^5 g (Figura 48), para todos os dias de armazenamento refrigerado, indicando a pouca influência do tempo na tensão na ruptura e tensão máxima dos queijos de coalho. A elevação na temperatura de cozimento da massa resultou em aumento na tensão de ruptura dos queijos, em torno de 6×10^5 a 8×10^5 g. Para a tensão máxima o aumento foi em torno de 7×10^5 a 8×10^5 g, independente do dia de armazenamento refrigerado. Novamente, as superfícies de respostas foram bastante semelhantes às da dureza (Figura 35), tensão na ruptura (Figura 43) e

tensão máxima (Figura 44) dos queijos de coalho ao longo do tempo de armazenamento refrigerado.

5.7.5.2.1.2 Deformação na ruptura (ϵ_{Hrup})

A Tabela 67 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a deformação na ruptura do queijo de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa não influenciaram significativamente ($p < 0,05$) a deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

A deformação na ruptura indica o quão quebradiço é o queijo, ou seja, o quanto este suporta uma força de deformação sem se romper. Esta propriedade está diretamente relacionada com a força entre as ligações internas da matriz do queijo. Quanto mais fortes as interações da matriz protéica, mais coeso o queijo e maior sua resistência à ruptura. A deformação na ruptura pode estar relacionada com a coesividade do queijo, que se refere ao quanto o queijo pode ser deformado antes da sua ruptura (FOX *et al.*, 2000). Desta maneira, a mesma explicação dada a coesividade por ser aplicada à deformação de ruptura do queijo. O alto pH (6,7 a 6,9, Tabela 3) e, provavelmente, os elevados teores de Ca coloidal dos queijos, promovem alto grau de agregação e fortes interações entre as proteínas (LUCY; JOHNSON; HORNE, 2003), resultando em queijos, independente da condição estudada, coesos e com maior resistência à ruptura.

Tabela 67. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Def na ruptura dia 20	Coef.regressão	0,44	-0,01	-0,005	-0,007	0,01	0,03
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor	<0,0001	0,2524	0,6225	0,4678	0,2310	0,0702
Def na ruptura dia 40	Coef.regressão	0,42	0,002	0,01	0,003	0,01	0,02
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	p-valor	<0,0001	0,8086	0,4679	0,7001	0,2623	0,1418
Def na ruptura dia 60	Coef.regressão	0,42	-0,001	-0,003	0,003	0,02	0,02
	Erro-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor	<0,0001	0,9251	0,7857	0,6358	0,0614	0,1484
Def na ruptura dia 90	Coef.regressão	0,42	-0,01	0,02	0,01	0,03	0,02
	Erro-padrão	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	p-valor	<0,0001	0,3369	0,1933	0,4011	0,0824	0,3100

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

A análise de variância (ANOVA) para a deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) do queijo de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado é exibida na Tabela 68. A porcentagem de variação explicada (R^2) para a deformação na ruptura dos queijos foi igual 67,43% (dia 20), 50,26% (dia40), 66,73% (dia60) e 63,66%. O teste de F não foi significativo, com valores de F calculado menores que o de F tabelado indicando não ser possível estabelecer um modelo e construir as superfícies de resposta e curvas de contorno para a deformação na ruptura do queijo de coalho, ao longo do tempo de armazenamento refrigerado. As baixas porcentagens de variação explicada obtidas, se devem, possivelmente à baixa variabilidade entre as respostas (Tabela 61), em todos os tempos de armazenamento refrigerado, indicando que para qualquer condição estudada, os valores de ϵ_{Hrup} foram praticamente os mesmos, ou seja, esta resposta não é função das variáveis estudadas (relação CN/G do leite e Tcoz da massa). Assim, o efeito de nenhuma das variáveis de estudo apresentou significância estatística ($p < 0,05$).

Tabela 68. ANOVA para a deformação na ruptura (ϵ_{Hrup}) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	5,77 E-03	2,39 E-03	4,73 E-03	1,22 E-02	5	5	5	5	1,15 E-3	4,78 E-04	9,46 E-04	2,43 E-03	2,07	1,01	2,01	1,75
Resíduo	2,79 E-03	2,37 E-03	2,36 E-03	6,94 E-03	5	5	5	5	5,57 E-4	4,73 E-04	4,72 E-04	1,39 E-03				
Total	8,55 E-03	4,76 E-03	7,09 E-03	1,91 E-02	10	10	10	10	8,55 E-4	4,76 E-04	7,09 E-04	1,91 E-03				

d20 : $R^2=67,43\%$ $F_{5;5;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,2218

d40: $R^2=50,26\%$ $F_{5;5;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,4958

d60: $R^2=66,73\%$ $F_{5;5;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,2309

d90: $R^2=63,66\%$ $F_{5;5;0,05} = 4,46$ p-valor= 0,2770

A Figura 49 apresenta o gráfico da deformação na ruptura dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado. A deformação na ruptura se manteve praticamente constante ao longo dos 90 dias, mostrando que tempo de armazenamento exerceu pouca influência na deformação na ruptura. Uma baixa deformação na ruptura implica em uma textura curta, que se acentua com a proteólise e diminuição do cálcio ligado à caseína, que está associado à queda do pH do queijo, como mostram os estudos de Creamer e Olson (1982) e Luyten e Van Vliet (1996). No presente estudo, a baixa intensidade de proteólise e o pH elevado do queijo, provavelmente resultou em alto teor de cálcio ligado à caseína e conseqüentemente em queijos com pouca mudança estrutural na rede protéica, e portanto pouca mudança na deformação na ruptura dos queijos com o tempo.

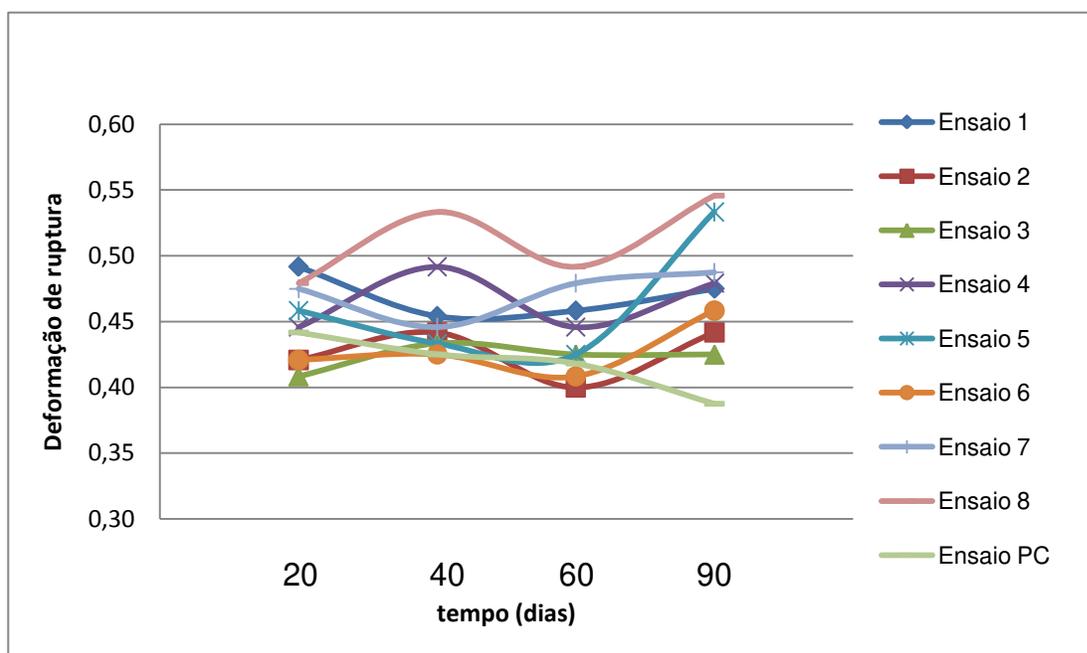


Figura 49. Evolução da deformação na ruptura dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado.

5.7.5.2.1.3 Módulo de Elasticidade (E)

A Tabela 69 apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a Tcoz da massa influenciaram significativamente ($p < 0,05$) o módulo de elasticidade dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado. No dia 60, a interação dos fatores também se mostrou significativa ($p < 0,05$).

Os modelos ajustados, incluindo-se somente os termos estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado são apresentados nas equações 59,60, 61 e 62, respectivamente.

$$E_{d20} = 2,21E+07 + 4,72 E+06 \text{ CN/G} + 6,71E+06T_{coz} + 4,05E+06T_{coz}^2 \quad (59)$$

$$E_{d40} = 1,54E+07 + 3,19E+06 \text{ CN/G} + 3,09E+06 \text{ CN/G}^2 + 3,83E+06T_{coz} + 6,93E+06 T_{coz}^2 \quad (60)$$

$$E_{d60} = 1,80E+07 + 5,95E+06 \text{ CN/G} + 1,07E+07T_{coz} + 9,36E+06T_{coz}^2 + 7,55E+06 \text{ CN/G} \times T_{coz}. \quad (61)$$

$$E_{d90} = 2,06E+07 + 5,80E+06 \text{ CN/G} + 7,40E+06T_{coz} + 6,76E+06 T_{coz}^2 \quad (62)$$

A análise de variância (ANOVA) para o módulo de elasticidade dos queijos de coalho durante o armazenamento refrigerado, considerando-se somente os termos estatisticamente significativos, é apresentada na Tabela 70. Os coeficientes de determinação foram iguais a 89,34% (dia 20), 91,76% (dia40), 89,52% (dia60) e 93,98% (dia90). O teste de F foi significativo em todos os dias de armazenamento refrigerado, com valor de Fcalculado de 2,8 a 8,4 vezes maior que F tabelado, indicando que os modelos obtidos foram preditivos. A Figura 50 (a e b) apresenta a superfície de resposta e curva de contorno para o módulo de elasticidade do queijo de coalho no dia 20 de armazenamento refrigerado.

Tabela 69. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
Módulo Elasticidade dia 20	Coef.regressão	2,04E+07	4,72E+06	1,82E+06	6,71E+06	4,59E+06	1,40E+06
	Erro-padrão	1,82E+06	1,11E+06	1,33E+06	1,11E+06	1,33E+06	1,58E+06
	p-valor	0,0001	0,0082	0,2283	0,0018	0,0181	0,4154
Módulo Elasticidade dia 40	Coef.regressão	1,54E+07	3,19 E+06	3,09E+06	3,83E+06	6,93E+06	2,14E+06
	Erro-padrão	1,28E+06	7,83E+05	9,32E+05	7,83E+05	9,32E+05	1,11E+06
	p-valor	0,0001	0,0096	0,0212	0,0045	0,0007	0,1113
Módulo Elasticidade dia 60	Coef.regressão	1,80E+07	3,73E+06	5,95E+06	1,07E+07	9,36E+06	7,55E+06
	Erro-padrão	2,43E+06	1,49E+06	1,77E+06	1,49E+06	1,77E+06	2,11E+06
	p-valor	0,0007	0,0545	0,0203	0,0008	0,0032	0,0159
Módulo Elasticidade dia 90	Coef.regressão	2,11E+07	5,80E+06	-5,09E+05	7,40E+06	6,61E+06	-4,55E+05
	Erro-padrão	2,02E+06	1,24E+06	1,47E+06	1,24E+06	1,47E+06	1,75E+06
	p-valor	0,0001	0,0054	0,7435	0,0019	0,0064	0,8048

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 70. ANOVA para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

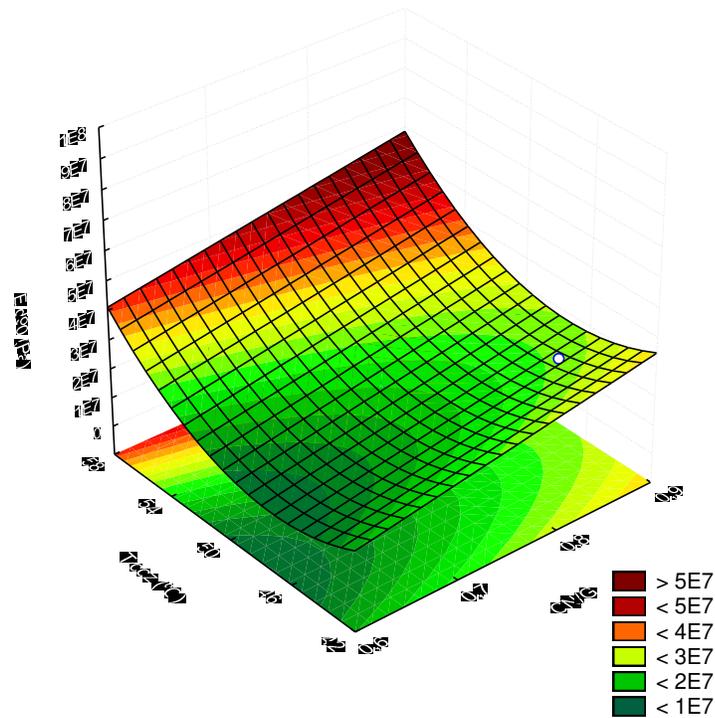
Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	6,39 E+14	4,77 E+14	1,71 E+15	9,89 E+14	3	4	4	3	2,13 E+14	1,19 E+14	4,27 E+14	3,30 E+14	19,55	16,71	12,81	36,43
Resíduo	7,63 E+13	4,28 E+13	2,00 E+14	6,34 E+13	7	6	6	7	1,09 E+13	7,14 E+12	3,33 E+13	9,05 E+12				
Total	7,16 E+14	5,20 E+14	1,91 E+15	1,05 E+15	10	10	10	10	7,16 E+13	5,20 E+13	1,91 E+14	1,05 E+14				

d20 : $R^2=89,34\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0009

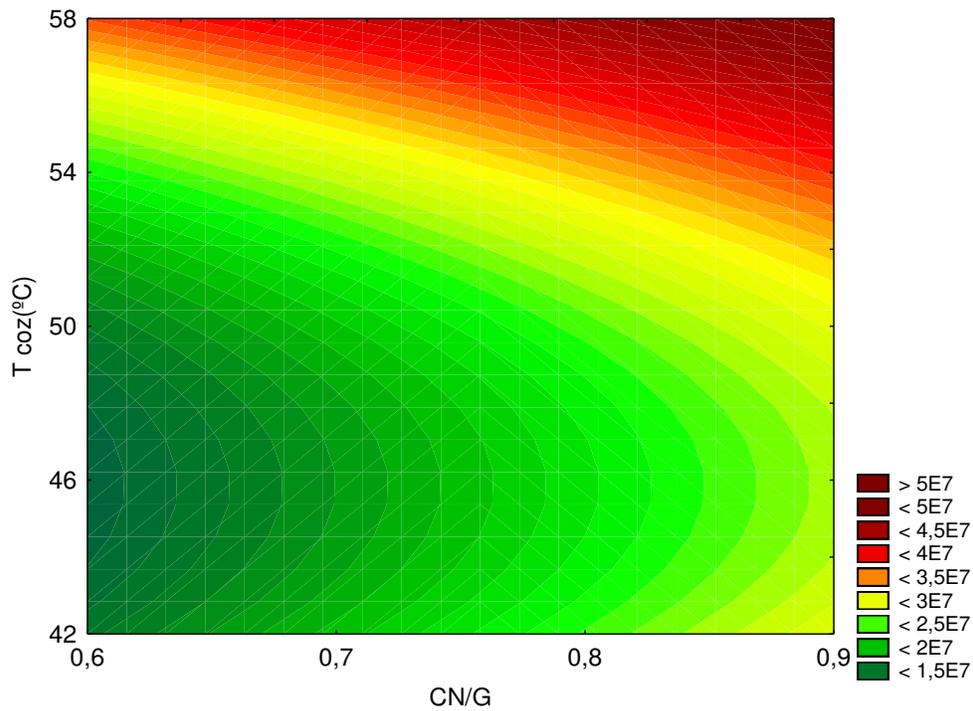
d40: $R^2=91,76\%$ $F_{4;6;0,05} = 4,53$ p-valor= 0,0021

d60: $R^2=89,52\%$ $F_{4;6;0,05} = 4,53$ p-valor= 0,0042

d90: $R^2=93,98\%$ $F_{3;7;0,05} = 4,35$ p-valor= 0,0001



(a)



(b)

Figura 50. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o módulo de elasticidade (E) do queijo de coalho em relação a temperatura de cozimento e relação CN/G do leite no dia 20 de armazenamento refrigerado.

A análise da superfície de resposta e curva de contorno, Figura 50 (a e b), mostram que, em geral, os queijos de coalho apresentaram em praticamente toda a faixa de estudo pouca variação no módulo de elasticidade ($1,0$ a $2,0 \times 10^7$). No entanto, a elevação da relação CN/G do leite em diferentes temperaturas de cozimento da massa resultou em um pequeno aumento no módulo de elasticidade dos queijos. Já, o aumento da temperatura de cozimento da massa nos diferentes níveis de relação CN/G do leite levou a um aumento significativo no módulo de elasticidade dos queijos de coalho.

O módulo de elasticidade fornece informações sobre a elasticidade e estrutura da matriz protéica do queijo. Altos valores de E sugerem que a matriz do queijo é elástica e continua, com interações intermoleculares fortes, enquanto um baixo valor de E indica que a matriz é menos elástica e mais fraca como uma consequência da proteólise e hidratação da caseína.

Os queijos de coalho apresentaram baixa acidez (Tabela 5), elevado teor de pH (Tabela 5) e proteólise limitada (Figura 18), fatores que favorecem a formação de uma matriz protéica coesa e elástica. O aumento da relação CN/G e da temperatura de cozimento da massa favoreceram a intensidade das interações protéicas e, portanto, aumentaram o módulo de elasticidade do queijo. Altos valores do módulo de elasticidade sugerem que a matriz do queijo é elástica e continua, com fortes atrações intramoleculares.

A Figura 51 apresenta a evolução do módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado e a Figura 52 mostra a apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho nos dias 20, 40, 60 e 90 de armazenamento refrigerado.

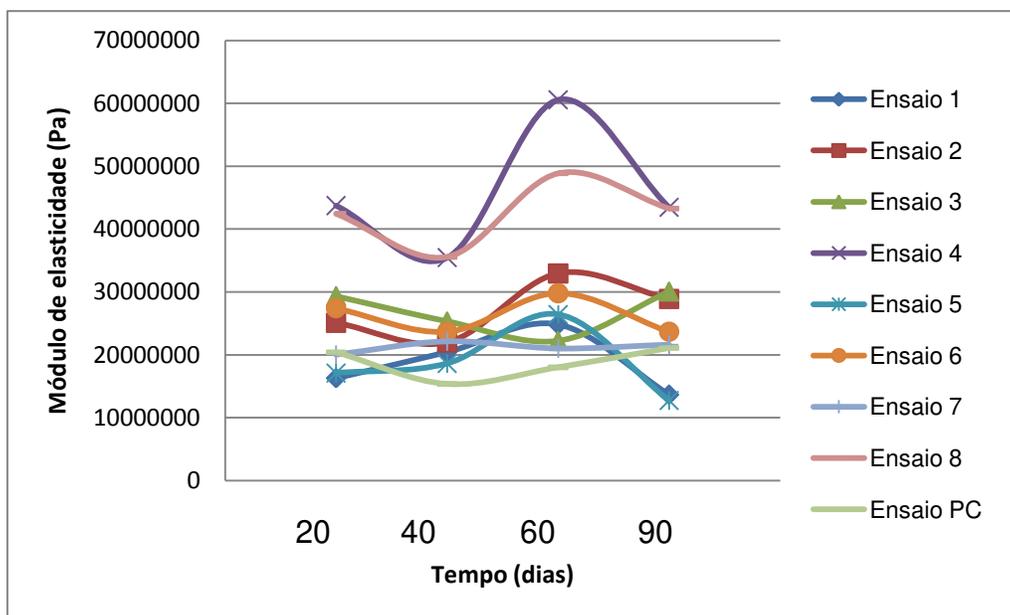


Figura 51. Evolução do módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho em relação ao tempo de armazenamento refrigerado.

Em geral, o módulo de elasticidade dos queijos de coalho se manteve praticamente constante durante o armazenamento refrigerado, indicando a pouca influência do tempo. As exceções foram os ensaios 4 e 8, que se destacaram por apresentar maior módulo de elasticidade e um aumento expressivo aos 60 dias de maturação dos queijos. O ensaio 4 se caracteriza por apresentar relação CN/G de 0,85, temperatura de cozimento de 55°C e umidade de 39,03%. O ensaio 8 apresenta relação CN/G de 0,75, temperatura de cozimento de 57°C, umidade de 38,32% e foi também o que apresentou maior valor de coesividade (Figura 52).

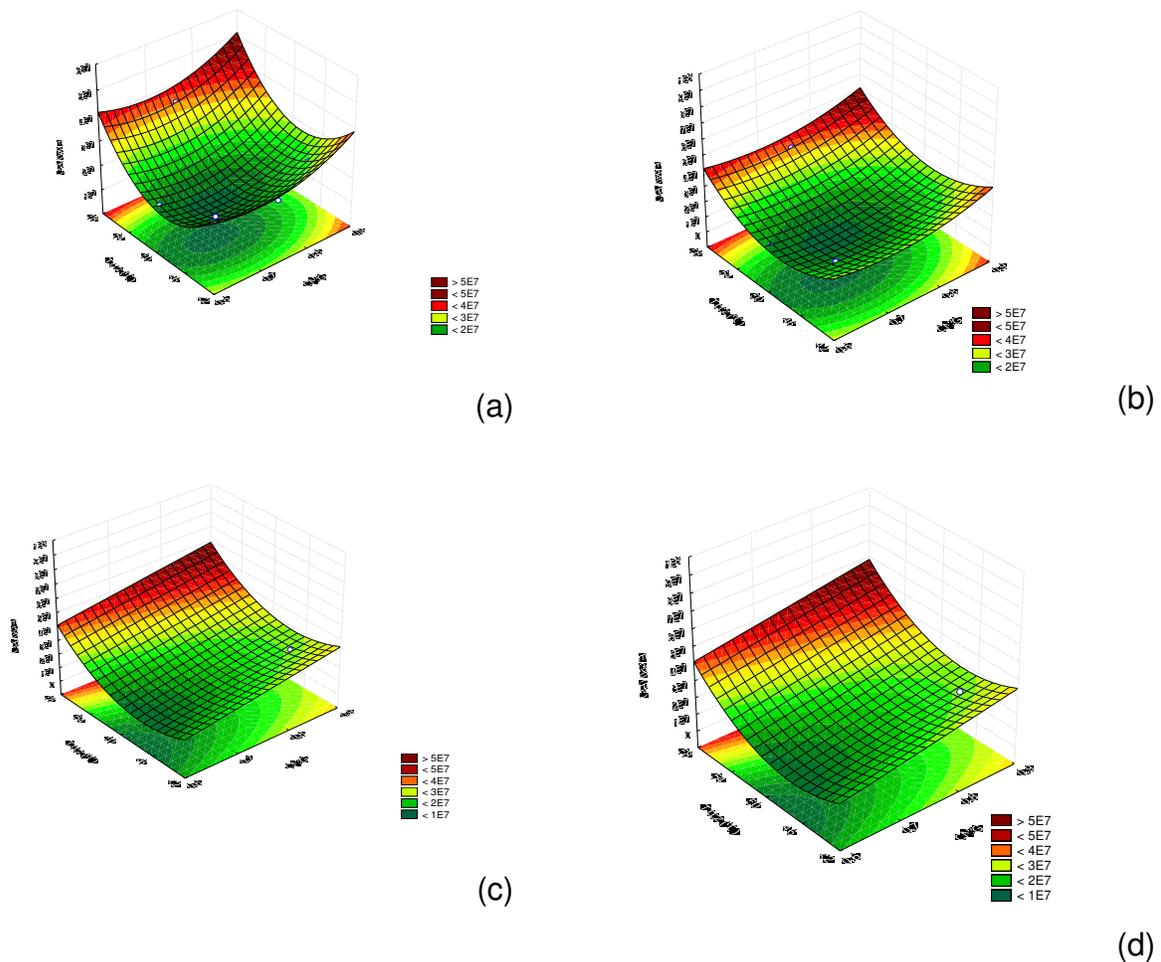


Figura 52. Apresentação comparativa entre as superfícies de resposta para o módulo de elasticidade (E) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado. (a) dia 20; (b) dia 40; (c) dia 60 e (d) dia 90.

A análise da Figura 52 mostra que não houve grande variação do módulo de elasticidade dos queijos com o tempo de armazenamento refrigerado indicando que o aumento do tempo não resultou em grandes mudanças no módulo de elasticidade dos queijos (1×10^7 a 2×10^7 g). A elevação na temperatura de cozimento da massa resultou em aumento no módulo de elasticidade dos queijos em torno de 5×10^7 para os dias 20, 40 e 90 de armazenamento. Somente para o dia 60 é que o valor foi maior, em torno de 8×10^7 .

5.7.5.2.2 Creep

Testes quantitativos como o Creep, onde a amostra é submetida a uma tensão muito pequena, que não cause mudanças estruturais, são usados para medir as propriedades do queijo como, por exemplo, o tempo de retardação (τ), providenciando informações sobre a viscoelasticidade e estrutura do queijo. O comportamento viscoelástico pode ser representado por modelos mecânicos como os de Maxwell, Kelvin ou Burger.

As curvas de creep (compliância (Pa^{-1}) vs tempo (s)) foram ajustadas a um modelo consistindo de um elemento de Kelvin conectados em série a um elemento elástico e a um elemento de Maxwell.

A Tabela 71 apresenta os coeficientes de correlação (r) e a porcentagem de variação explicada (R^2) das curvas obtidas experimentalmente e do modelo generalizado de Kelvin, com $n=1$, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado dos queijos. Houve uma boa correlação entre as curvas, com valores de $R^2 > 93,69$ e $r > 0,98$ em todos os dias de armazenamento refrigerado. A exceção foi o ensaio 7, no dia 20 de armazenamento refrigerado, que apresentou $R^2=55,85$ e $r = 0,75$. As curvas foram ajustadas por regressão não-linear, utilizando o programa Statistica ® e foram obtidos os parâmetros viscoelásticos, J_0 , J_1 , η e τ_1 , para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado, apresentados nas Tabelas 72 e 73.

Tabela 71. Valores de R^2 (% de variação explicada) e r (coeficiente de correlação) das curvas obtidas experimentalmente e do modelo generalizado de Kelvin com $n=1$ durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		d20		d40		d60		d90	
	CN/G	T coz (°C)	R^2	r	R^2	R	R^2	r	R^2	R
1	0,65	45	98,13	0,99	98,31	0,99	95,90	0,98	96,33	0,98
2	0,65	55	98,26	0,99	98,04	0,99	95,57	0,98	96,50	0,98
3	0,85	45	97,85	0,98	95,62	0,98	98,19	0,99	95,45	0,98
4	0,85	55	97,75	0,99	95,66	0,98	97,98	0,99	94,53	0,97
5	0,61	50	97,91	0,99	95,23	0,97	96,06	0,98	96,60	0,98
6	0,89	50	97,80	0,99	95,34	0,98	98,11	0,99	95,60	0,98
7	0,75	43	55,85	0,75	96,34	0,98	98,47	0,99	98,18	0,99
8	0,75	57	97,60	0,99	93,69	0,97	97,81	0,99	98,81	0,98
9	0,75	50	98,27	0,99	96,90	0,98	96,33	0,98	96,70	0,98
10	0,75	50	98,16	0,99	96,50	0,98	96,38	0,98	97,07	0,98
11	0,75	50	97,96	0,99	95,79	0,98	96,80	0,98	96,76	0,98

Tabela 72. Valores médios dos parâmetros viscoelásticos, J_0 e J_1 , para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Complância instantânea J_0 (Pa ⁻¹)				Complância retardada J_1 (Pa ⁻¹)			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	2,79 E-04	2,79 E-04	4,71 E-04	3,14 E-04	1,11 E-02	8,01 E-03	4,29 E-03	4,26 E-03
2	0,65	55	1,22 E-07	4,01 E-04	2,62 E-04	2,62 E-04	9,10 E-06	8,20 E-03	2,91 E-03	3,58 E-03
3	0,85	45	4,54 E-07	7,49 E-03	1,92 E-04	2,97 E-04	6,06 E-06	1,10 E-03	8,62 E-03	2,84 E-03
4	0,85	55	3,32 E-07	6,39 E-03	3,32 E-04	2,62 E-04	6,40 E-06	8,42 E-04	3,88 E-03	2,08 E-03
5	0,61	50	2,79 E-07	7,92 E-03	6,40 E-04	3,84 E-04	7,80 E-06	1,30 E-03	5,87 E-03	4,30 E-03
6	0,89	50	2,62 E-07	7,98 E-03	5,06 E-04	4,54 E-04	9,36 E-06	1,10 E-03	7,01 E-03	2,83 E-03
7	0,75	43	8,40 E-06	6,35 E-03	2,97 E-04	2,09 E-04	1,48 E-06	9,49 E-04	7,90 E-03	9,79 E-03
8	0,75	57	5,58 E-07	5,31 E-03	5,41 E-04	2,27 E-04	5,81 E-06	6,95 E-04	6,33 E-03	5,36 E-03
9	0,75	50	4,01 E-07	7,45 E-03	3,14 E-04	1,22 E-04	7,90 E-06	1,08 E-03	4,83 E-03	3,71 E-03
10	0,75	50	4,54 E-07	1,09 E-02	2,79 E-04	2,62 E-04	1,18 E-05	1,62 E-03	4,72 E-03	4,35 E-03
11	0,75	50	2,97 E-07	1,19 E-02	4,89 E-04	2,27 E-04	1,31 E-05	1,85 E-03	4,87 E-03	2,11 E-03

Tabela 73. Valores médios dos parâmetros viscoelásticos, η e τ_1 , para os queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Variáveis reais		Viscosidade newtoniana (η) (Pa.s)				Tempo de retardação (τ_1) (s)			
	CN/G	T coz (°C)	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
1	0,65	45	4,10E+04	5,74E+04	8,30E+04	8,99E+04	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,65	55	5,64E+07	5,78E+04	1,01E+05	1,43E+05	0,1	0,1	0,1	0,1
3	0,85	45	6,43E+07	6,63E+04	5,78E+05	1,57E+05	0,1	0,1	0,1	0,1
4	0,85	55	8,11E+07	8,53E+04	1,12E+05	2,20E+05	0,1	0,1	0,1	0,1
5	0,61	50	5,28E+07	5,83E+04	4,46E+05	7,42E+04	0,1	0,1	0,1	0,1
6	0,89	50	4,79E+07	6,74E+04	6,93E+04	1,10E+05	0,1	0,1	0,1	0,1
7	0,75	43	6,57E+07	5,99E+04	5,14E+04	4,74E+04	0,1	0,1	0,1	0,1
8	0,75	57	8,24E+07	1,24E+05	8,77E+04	9,39E+04	0,1	0,1	0,1	0,1
9	0,75	50	4,80E+07	5,04E+04	7,62E+04	1,29E+05	0,1	0,1	0,1	0,1
10	0,75	50	3,42E+07	3,60E+04	6,69E+04	9,48E+04	0,1	0,1	0,1	0,1
11	0,75	50	3,37E+07	3,57E+04	7,17E+05	1,20E+05	0,1	0,1	0,1	0,1

5.7.5.3.1 Parâmetros viscoelásticos J_0 , J_1 , η e τ_1 .

O tempo de retardação (τ_1) é definido como a relação entre a viscosidade newtoniana (η) e o módulo de elasticidade ($E_1=1/J_1$). Embora a viscosidade (Tabela 73) e o módulo de elasticidade (Tabela 62) dos ensaios tenham sido diferentes, a relação entre estas propriedades foi constante em todos os dias de armazenamento refrigerado (Tabela 73). Como não houve influência das variáveis no tempo de retardação dos queijos de coalho, a análise estatística desses dados pode ser dispensada. Resultados similares foram encontrados por Cunha (2002) que avaliou o uso de retentados de baixo fator de concentração nas propriedades viscoelásticas de queijo minas frescal de baixo teor de gordura.

As Tabelas 74, 75 e 76 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para os parâmetros J_0 , J_1 , η , respectivamente, durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

A relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa não exerceram influência significativa nos parâmetros viscoelásticos J_0 (Tabela 72), J_1 (Tabela 75) e η (Tabela 76). A viscosidade e a elasticidade são os parâmetros de principal importância no entendimento da viscoelasticidade dos alimentos que apresentam características de fluidos viscosos e sólidos elásticos (RAO, 1992). A viscoelasticidade dos queijos resulta da interação entre seus constituintes como proteína, gordura e umidade, sendo que as condições iniciais da fabricação dos queijos determinam o grau de agregação da caseína, principal componente estrutural do queijo (FOX *et al.*, 2000). Aparentemente, a variação da relação CN/G e da temperatura de cozimento que alteraram a proporção de caseína, gordura e umidade dos queijos, bem como as interações da rede protéica, e, conseqüentemente, o seu grau de agregação, não foram suficientes para provocar mudanças significativas nas propriedades viscoelásticas do queijo.

A compliância instantânea elástica (J_0) pode ser relacionada à estrutura da rede protéica não deformada (Ma *et al.*, 1997; Subramanian *et al.*, 2003). Já a compliância retardada (J_1) representa o principal componente do comportamento viscoelástico do queijo. A viscosidade newtoniana (η) representa a perda da integridade física da matriz protéica (Ma *et al.*, 1997).

Os baixos valores de compliância instantânea, J_0 (Tabela 72), indicam que a matriz protéica do queijo de coalho foi bastante rígida e coesa. Os baixos valores de compliância retardada, J_1 (Tabela 72), indicam que o queijo retornou rapidamente a sua forma original após a remoção da força aplicada e, os altos valores de viscosidade newtoniana, η (Tabela 73), indicam que o queijo de coalho possui forte interação da matriz protéica. Esses resultados mostram que o queijo de coalho possui uma alta elasticidade ($E=1/J$) e resistência à fluidez. Em queijos minas frescal de baixo teor de gordura fabricados por ultrafiltração Cunha (2002), encontrou valores para J_0 e J_1 bastante elevados (~ 8 a $10 \times 10^6 \text{ Pa}^{-1}$), e baixa η , em torno de $10 \times 10^{-6} \text{ Pa.s.}$, mostrando baixa elasticidade dos queijos.

Tabela 74. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a compliância instantânea (J_0) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
J_0 dia 20	Coef.regressão	3,84E-07	-3,84E-05	1,68E-05	-3,63E-05	1,89E-05	6,97E-05
	Erro-padrão	4,30E-05	2,64E-05	3,14E-05	2,64E-05	3,14E-05	3,73E-05
	p-valor	0,9932	0,2440	0,6144	0,2274	0,5722	0,1205
J_0 dia 40	Coef.regressão	1,01 E-02	1,66 E-03	-1,89E-03	-3,07E-04	-2,95E-03	-3,05E-04
	Erro-padrão	1,89E-03	1,16E-03	1,38E-03	1,16E-03	1,38E-03	1,64E-03
	p-valor	0,0031	0,2116	0,2292	0,8014	0,0855	0,8595
J_0 dia 60	Coef.regressão	3,61E-04	7,97E-05	-5,81E-05	1,70E-05	2,33E-05	8,73E-05
	Erro-padrão	9,66E-05	5,92E-05	7,04E-05	5,92E-05	7,04E-05	8,37E-05
	p-valor	0,0135	0,2357	0,4470	0,7852	0,7538	0,3447
J_0 dia 90	Coef.regressão	2,04E-04	-7,43E-06	4,27E-05	-7,69E-06	1,72E-05	4,25E-06
	Erro-padrão	3,22E-05	1,97E-05	2,34E-05	1,97E-05	2,34E-05	2,79E-05
	p-valor	0,0014	0,7216	0,1280	0,7122	0,4954	0,8847

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 75. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a compliância retardada (J_1) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(L)	CN/G* T COZ
J_1 dia 20	Coef.regressão	1,09E-05	-1,39E-03	6,92E-04	-1,39E-03	6,90E-04	2,77E-03
	Erro-padrão	1,75E-03	1,07E-03	1,28E-03	1,07E-03	1,28E-03	1,52E-03
	p-valor	0,9953	0,2533	0,6115	0,2537	0,6127	0,1276
J_1 dia 40	Coef.regressão	1,51E-03	-1,82E-03	7,24E-04	-5,30E-05	5,35E-04	-1,11E-04
	Erro-padrão	1,82E-03	1,11E-03	1,33E-03	1,11E-03	1,33E-03	1,58E-03
	p-valor	0,4431	0,1637	0,6089	0,9639	0,7032	0,9465
J_1 dia 60	Coef.regressão	4,81E-03	8,65E-04	3,56E-04	-1,04E-03	6,90E-04	-8,40E-04
	Erro-padrão	8,35E-04	5,12E-04	6,09E-04	5,12E-04	6,09E-04	7,23E-04
	p-valor	0,0022	0,1517	0,5845	0,0973	0,3083	0,2981
J_1 dia 90	Coef.regressão	3,39E-03	-6,24E-04	-5,08E-04	-9,64E-04	1,50E-03	-1,90E-05
	Erro-padrão	1,06E-03	6,52E-04	7,76E-04	6,52E-04	7,76E-04	9,22E-04
	p-valor	0,0245	0,3825	0,5418	0,1993	0,1114	0,9844

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 76. Coeficientes de regressão, erro padrão e p-valor para a viscosidade newtoniana (η) dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

		Média	CN/G(L)	CN/G(Q)	T COZ(L)	T COZ(Q)	CN/G* T COZ
η dia 20	Coef.regressão	3,86E+07	1,02E+07	2,94E+06	1,21E+07	1,48E+07	-9,89E+06
	Erro-padrão	1,11E+07	6,83E+06	8,12E+06	6,83E+06	8,12E+06	9,65E+06
	p-valor	0,0180	0,1941	0,7324	0,1366	0,1287	0,3527
η dia 40	Coef.regressão	7,16E+04	-7,12E+05	8,59E+05	-4,95E+04	-2,38E+05	-1,21E+05
	Erro-padrão	7,05E+05	4,32E+05	5,14E+05	4,32E+05	5,14E+05	6,11E+05
	p-valor	0,9230	0,1600	0,1556	0,9131	0,6628	0,8511
η dia 60	Coef.regressão	2,87E+05	-7,12E+05	7,51E+05	-4,95E+04	-3,46E+05	-1,21E+05
	Erro-padrão	7,18E+05	4,40E+05	5,23E+05	4,40E+05	5,23E+05	6,22E+05
	p-valor	0,7062	0,1662	0,2107	0,9147	0,5383	0,8537
η dia 90	Coef.regressão	1,15E+05	2,43E+04	6,49E+03	2,29E+04	-4,25E+03	2,59E+03
	Erro-padrão	2,85E+04	1,74E+04	2,08E+04	1,74E+04	2,08E+04	2,47E+04
	p-valor	0,0100	0,2220	0,7671	0,2469	0,8457	0,9205

CN/G –relação CN/G do leite ; Tcoz – temperatura de cozimento da massa;

(L) termo linear; (Q) termo quadrático; Valores em negrito correspondem aos efeitos significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$).

A análise de variância (ANOVA) para J_0 , J_1 e η durante o tempo de armazenamento refrigerado são apresentadas nas Tabelas 77, 78 e 79 respectivamente. Para J_0 , a porcentagem de variação explicada (R^2) foi de 60,43% (dia 20), 59,44% (dia 40), 44,61% (dia 60) e 42,42% (dia 90). Para J_1 , a porcentagem de variação explicada (R^2) foi de 58,71% (dia 20), 37,74% (dia 40), 66,00% (dia 60) e 62,87% (dia 90). Para η , a porcentagem de variação explicada (R^2) foi de 66,16% (dia 20), 56,76% (dia 40), 54,61% (dia 60) e 43,62% (dia 90). As baixas porcentagens de variação explicada (R^2) obtidas se devem a baixa variabilidade entre as respostas (Tabelas 72 e 73), em todos os tempos de armazenamento refrigerado, indicando que, para qualquer condição avaliada, os valores de J_0 , J_1 e η foram bastantes próximos, ou seja, estes parâmetros não foram função das variáveis de estudo. Assim é explicável que nem a relação CN/G do leite, nem a Tcoz massa apresentasse significância estatística ($p < 0,05$). O teste de F também não foi significativo, com valores de $F_{calculado}$ menores que o de $F_{tabelado}$, para todos os parâmetros avaliados durante os 90 dias de armazenamento refrigerado. Diante desses resultados, não foi possível estabelecer um modelo e construir as superfícies de respostas e curvas de contorno para J_0 , J_1 e η ao longo do tempo de armazenamento refrigerado.

Tabela 77. ANOVA para a compliância instantânea (J_0) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	4,24 E-08	7,86 E-05	1,13 E-07	1,14 E-08	5	5	5	5	8,49 E-9	1,57 E-05	2,25 E-08	2,29 E-09	1,53	1,47	0,81	0,74
Resíduo	2,78 E-08	5,37 E-05	1,40 E-07	1,55 E-08	5	5	5	5	5,56 E-9	1,07 E-05	2,80 E-08	3,10 E-09				
Total	7,02 E-08	1,32 E-04	2,53 E-07	2,70 E-08	10	10	10	10	7,02 E-9	1,32 E-05	2,53 E-08	2,70 E-09				

d20 : $R^2=60,43\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3261

d40: $R^2=59,44\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3414

d60: $R^2=44,61\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,5886

d90: $R^2=42,42\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,6254

Tabela 78. ANOVA para a compliância retardada (J_1) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	6,56 E-05	3,01 E-05	2,03 E-05	2,88 E-05	5	5	5	5	1,31 E-5	6,02 E-06	4,06 E-06	5,76 E-06	1,42	0,61	1,94	1,69
Resíduo	4,62 E-05	4,97 E-05	1,05 E-05	1,70 E-05	5	5	5	5	9,23 E-6	9,93 E-06	2,09 E-06	3,40 E-06				
Total	1,12 E-04	7,98 E-05	3,08 E-05	4,58 E-05	10	10	10	10	1,12 E-5	7,98 E-06	3,08 E-06	4,58 E-06				

d20 : $R^2=58,71\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3549

d40: $R^2=37,74\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,6996

d60: $R^2=66,00\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2423

d90: $R^2=62,87\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2894

Tabela 79. ANOVA para a viscosidade newtoniana (η) dos queijos de coalho durante o tempo de armazenamento refrigerado (dias 20, 40, 60 e 90).

Fontes de Variação	Soma dos quadrados				Graus de Liberdade				Quadrados Médios				Fcalculado			
	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90	d20	d40	d60	d90
Regressão	3,64 E+15	9,79 E+12	9,31 E+12	9,41 E+09	5	5	5	5	7,29 E +14	1,96 E +12	1,86 E+12	1,88 E+09	1,96	1,31	1,20	0,77
Resíduo	1,86 E+15	7,46 E+12	7,74 E+12	1,22 E+10	5	5	5	5	3,73 E +14	1,49 E +12	1,55 E+12	2,43 E+09				
Total	5,51 E+15	1,72 E+13	1,70 E+13	2,16 E+10	10	10	10	10	5,51 E +14	1,72 E +12	1,70 E+12	2,16 E+09				

d20 : $R^2=66,16\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,2390

d40: $R^2=56,76\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,3871

d60: $R^2=54,61\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,4232

d90: $R^2=43,62\%$ $F_{5;5;0,05} = 5,05$ p-valor= 0,6094

Houve influência do tempo de armazenamento refrigerado nos parâmetros viscoelásticos (J_0 , J_1 , η) dos queijos de coalho. As Figuras 53, 54 e 55 apresentam a evolução dos parâmetros viscoelásticos, J_0 , J_1 e η , respectivamente, dos queijos de coalho durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

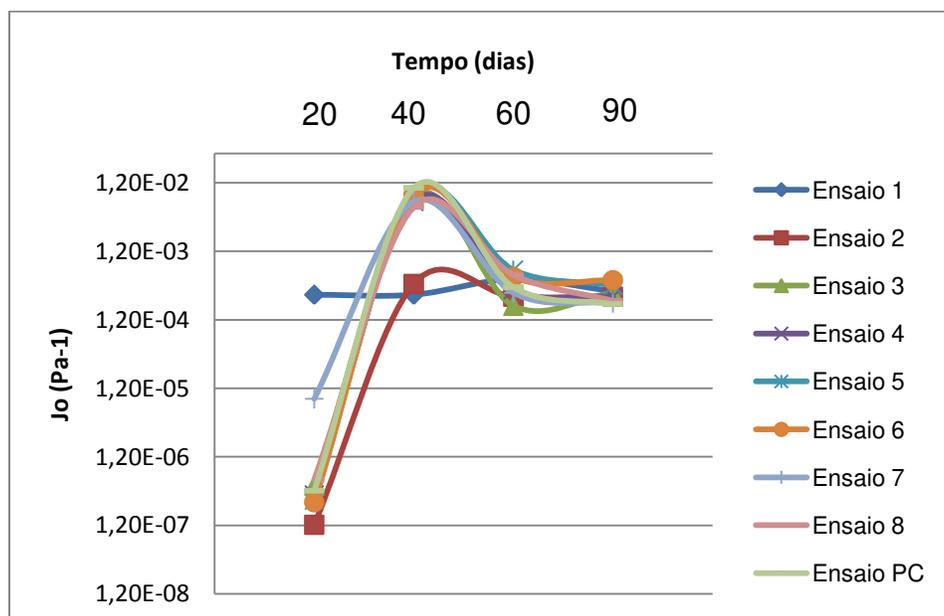


Figura 53. Evolução da compliância instantânea (J_0) durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

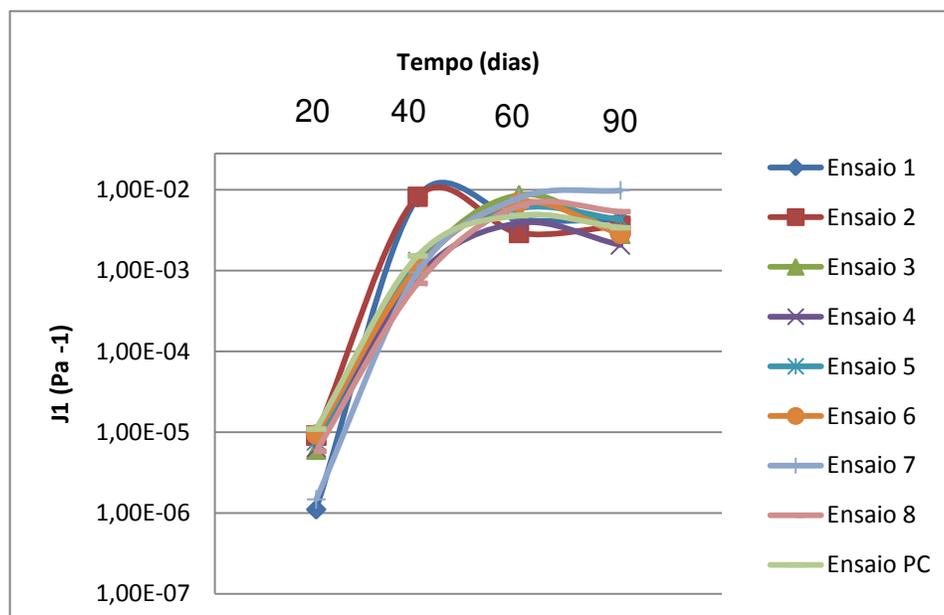


Figura 54. Evolução da compliância retardada (J_1) durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

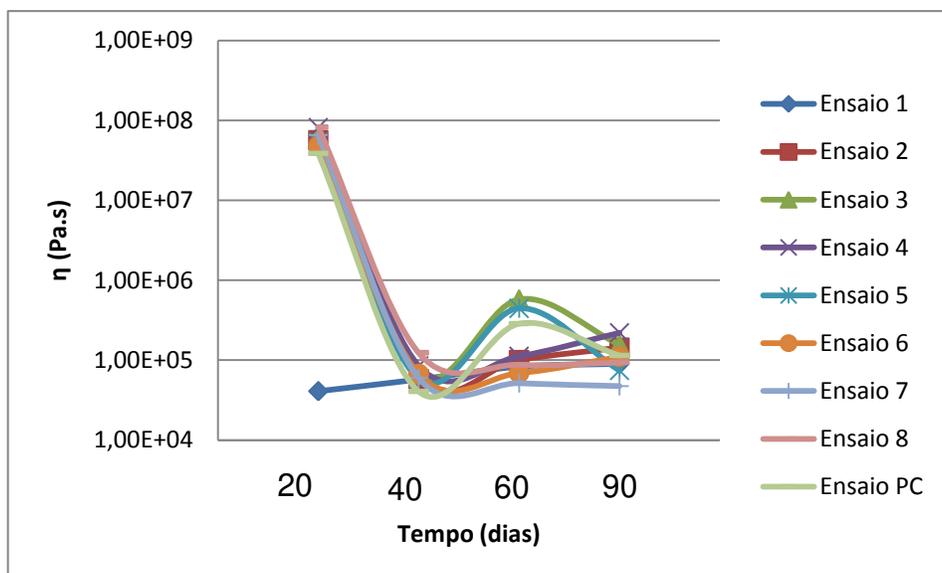


Figura 55. Evolução da viscosidade newtoniana (Pa.s) durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

As Figuras 53 e 54 mostram que houve um aumento da compliância instantânea (J_0) e da compliância retardada (J_1), respectivamente, com o aumento do tempo de armazenamento dos queijos, indicando que o queijo de coalho foi se tornando menos rígido, coeso e elástico ao longo dos 90 dias de estocagem. A compliância instantânea variou de $1,2 \times 10^{-7}$ a $1,2 \times 10^{-2}$ e a compliância retardada variou de $1,0 \times 10^{-6}$ a $1,0 \times 10^{-2}$ durante os 90 dias de armazenamento refrigerado.

Houve uma diminuição na viscosidade newtoniana (η) dos queijos com o aumento do tempo de armazenamento refrigerado (Tabela 73, Figura 55), indicando que houve perda de estrutura e diminuição da rigidez dos queijos de coalho ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram obtidos para a dureza TPA (Figura 36) que mostrou que o tempo aumentou levemente a maciez dos queijos.

Como pode ser visto nas Figuras 53, 54 e 55, houve um aumento brusco da compliância instantânea (J_0) e da compliância retardada (J_1) e uma diminuição acentuada da viscosidade newtoniana (η) dos queijos aos 40 dias de armazenamento refrigerado, com poucas alterações nos tempos subseqüentes.

Isso quer dizer que as principais mudanças nas propriedades reológicas ocorreram nesse período de armazenamento refrigerado.

Ambos, a diminuição da rigidez e aumento da maciez, para a maioria dos queijos de coalho ao longo do tempo de armazenamento refrigerado, podem ser atribuídos à extensão da proteólise, que apesar de baixa e limitada foi suficiente para enfraquecer as interações da matriz protéica do queijo de coalho.

5.8 Análise sensorial

5.8.1 Teste de aceitação

A Tabela 80 apresenta os resultados do teste de aceitação sensorial dos queijos de coalho grelhados.

Tabela 80. Médias das notas obtidas para a aceitação do queijo de coalho grelhado no dia 30 de armazenamento refrigerado.

Ensaio	Aparência	Sabor	Textura
E1	7,0 ^c	6,9 ^{dc}	6,7 ^{bac}
E2	7,4 ^{bac}	7,0 ^{bdc}	6,8 ^{bac}
E3	7,2 ^{bc}	7,4 ^{bdac}	6,9 ^{ba}
E4	7,3 ^{bc}	7,2 ^{ba}	6,3 ^{bc}
E5	7,3 ^{bc}	7,5 ^{ba}	7,3 ^a
E6	7,0 ^c	6,8 ^d	6,1 ^c
E7	7,7 ^{ba}	7,4 ^{bac}	7,0 ^{ba}
E8	7,9 ^a	7,7 ^a	7,2 ^a
E PC	7,6 ^{ba}	7,2 ^{bdac}	6,9 ^{ba}
DMS*	0,5	0,6	0,7

Médias com letras comum na mesma coluna não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

*DMS: Diferença mínima significativa obtida no teste de médias de Tukey ($p < 0,05$)

O ensaio 8, que com queijos fabricados a partir de leite com relação CN/G igual a 0,75 e Tcoz igual a 57°C (Tabela 2), foi o que apresentou a maior média de aceitação para aparência e sabor e a segunda maior nota para textura (Tabela 80). Já o ensaio 6 (CN/G=0,89 e Tcoz=50°C) foi o que apresentou a menor média de aceitação para os atributos avaliados. Para a aparência dos queijos, as notas variaram de 7,0 a 7,9, para o sabor dos queijos, de 6,8 a 7,7 e, para a textura do queijo houve variação de 6,1 a 7,3. Na prática, isso indicou que os queijos de coalho apresentaram boa aceitação sensorial independente da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa.

A Tabela 81 mostra as características sensoriais que os provadores descreveram mais gostar e menos gostar no queijo de coalho grelhado, em relação à aparência, sabor e textura.

Tabela 81. Características sensoriais que os provadores mais gostaram e menos gostaram para o queijo de coalho grelhado.

Atributo	Mais gostaram/ menos gostaram	Característica sensorial descrita
Aparência	Mais gostaram	Coloração amarronzada, atrativo, vontade do comer
	Menos gostaram	“meio branco”, não grelhado o suficiente
Sabor	Mais gostaram	Sabor em geral, salgado
	Menos gostaram	“muito salgado”
Textura	Mais gostaram	Maciez e crocância da casca
	Menos gostaram	Borrachento, barulho ao mastigar, “chiclete”

Em relação à aparência dos queijos de coalho, os consumidores mostraram preferência por aqueles que se mostraram mais escuros e mais grelhados. Em relação ao sabor, o teor de sal foi visto, para alguns como ponto positivo e, para outros, como ponto negativo. E em relação à textura, a preferência foi por aqueles mais crocantes por fora e macios por dentro; no entanto, a

característica borrachenta, típica do queijo de coalho, foi item de rejeição pelos consumidores.

Os queijos do ensaio 8 (CN/G=0,75 e Tcoz=57°C) que apresentaram a maior aceitação em relação à aparência, também apresentaram o menor valor de luminosidade (Tabela 43), ou seja, se mostraram mais escuros após o derretimento. A cor parece ser o motivo da maior aceitação deste queijo pelos consumidores que mostraram preferência pelos mais grelhados.

A maior média de aceitação para a textura se refere ao ensaio 5, que possui relação CN/G igual a 0,61 e Tcoz igual a 50°C, em razão da maciez interna e crocância da casca, como descrito nos comentários dos provadores (Tabela 81).

5.8.2 Intenção de compra

A Figura 57 mostra a freqüência de respostas dos consumidores em relação à atitude de compra para os 11 ensaios realizados.

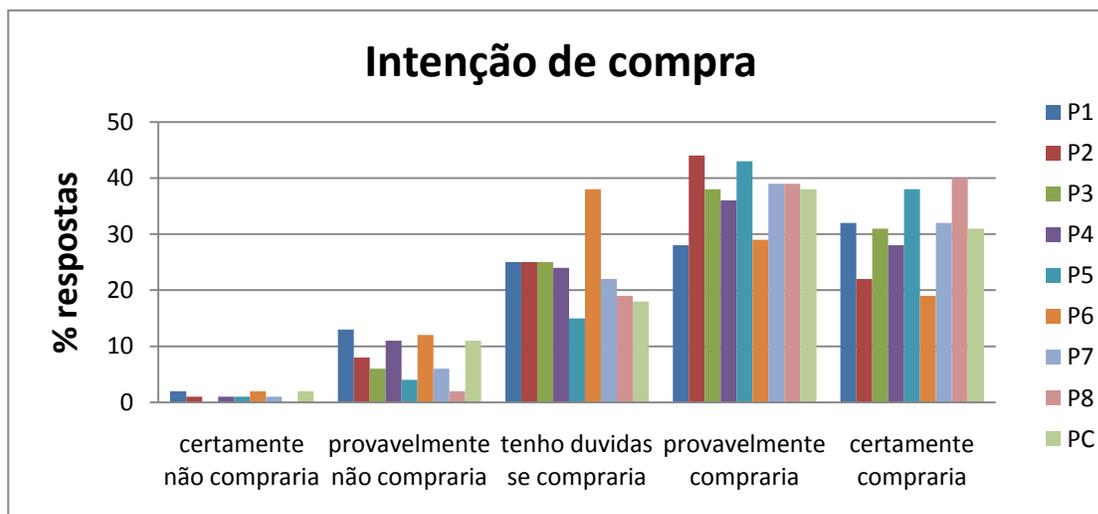


Figura 57. Intenção de compra dos queijos de coalho grelhados.

Em geral, os provadores relataram que certamente ou provavelmente comprariam os queijos de coalho, independente da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa. O ensaio 8 obteve mais respostas para provavelmente compraria e certamente compraria, enquanto o ensaio 6 para tenho dúvidas se compraria, sugerindo que a aparência e o sabor parecem pesar mais na intenção de compra do consumidor do que a textura dos queijos de coalho.

6. CONCLUSÃO

Os queijos de coalho fabricados a partir de leite ajustado à relação CN/G igual ou inferior a 0,65, independente da temperatura de cozimento da massa, resultaram em maior rendimento de fabricação. A relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa exerceram pouca ou quase nenhuma influência nas propriedades físico-químicas e funcionais dos queijos de coalho e, estas características se mantiveram praticamente estáveis ao longo dos 90 dias de armazenamento refrigerado. A variação da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa resultou em queijos de coalho com baixa capacidade de derretimento e igualmente coesos e elásticos, com praticamente a mesma dureza e mastigabilidade. Os queijos de coalho, independentes da relação CN/G do leite e da temperatura de cozimento da massa tiveram boa aceitação sensorial e, os provadores declaram maior preferência pelo produto macio internamente e após grelhados, com coloração amarronzada mais intensa. Como a relação CN/G do leite e a temperatura de cozimento da massa exerceram pouca ou quase nenhuma influência nas propriedades físico-químicas e funcionais dos queijos de coalho e, estas características se mantiveram praticamente estáveis ao longo dos 90 dias de armazenamento refrigerado, a escolha das condições ótimas dessas variáveis pode ser efetuada com base no rendimento de fabricação ajustado que deve ser com valor de relação CN/G menor que 0,65, para se obter um alto rendimento de fabricação do queijo de coalho com boa aceitação sensorial.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, S.; CACHON, R.; COLAS, B.; FERON, G. CONINCK, J.D. Eh and pH gradients in Camembert cheese during ripening: measurements using microelectrodes and correlationas with texture. *International dairy Journal*, v.17, p. 954-960, 2007.

AGBOOLA, S.; CHEN, S.; ZHAO, J. Formation of bitter peptides during ripening of ovine milk cheese made with different coagulants. *Lait*, n. 6, v. 84, p. 567-578, 2004.

CAMPOS, A. C. Efeito do uso combinado de ácido láctico com diferentes proporções de fermento láctico mesófilo no rendimento, proteólise, qualidade microbiológica e propriedades mecânicas do queijo Minas Frescal”. Dissertação (mestrado) . faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2000.

ASCHAFFENBURG,R.; DREWRY, J. New procedure for the routine determination of the various non casein proteins in milk. In: **International Dairy Congress**, 15, 1959, London.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE QUEIJOS. Produção brasileira - queijos artesanais em estabelecimentos sob inspeção federal em toneladas. São Paulo, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16 ed., Arlington: AOAC, 1995.

BARBANO, D.M.; LYNCH, J.M.; FLEMING, J.R. Direct and indirect determination of true protein content of milk by Kjeldahl analysis: collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, v.74, p.281, 1991.

BASTIAN, E.D.; BROWN, R.J. Plasmin in milk and dairy products: an Update. **International of Dairy Journal**, Barking, v.6, p. 435-457, 1996.

BENFELDT, C.; SORENSEN, J.; ELLEGARD, K.H.; PETERSEN, T.E. Heat treatment of cheese milk: effect on plasmin activity and proteolysis during cheese ripening. **International of Dairy Journal**, Barking, v.7, p. 723-731, 1997.

BORGES, M. F.; FEITOSA, T.; NASSU, R. T.; MUNIZ, C. R.; AZEVEDO, E. H. F.; FIGUEIREDO, E. A. T. Microorganismos patogênicos e indicadores em queijo de coalho produzido no Estado do Ceará, Brasil. **Boletim Centro Pesquisa Processamento de Alimentos**, Paraná-PR, v. 21, n. 1, p. 31-40, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 07/03/96. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Brasília: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 1996.

BRASIL. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de manteiga da terra, queijo de coalho e queijo de manteiga. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 de julho de 2001.

BYNUM, D.G; BARBANO, D.M. Whole milk reverse osmosis retentates for Cheddar cheese manufacture chemical changes during ageing. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.68, n.1, p.1-10, 1985.

CARVALHO, J.D.G.; BRUNO, L.M.; NASSU, R.T.; LIMA, C.P.; VASCONCELOS, N.M.; KUAYE, A.Y. Bactérias ácido lácticas isoladas de queijos de coalho artesanais comercializados em Fortaleza, CE. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**. v.60, n.345, p.221-224, 2005.

CAVALCANTE, J.F.M; FONSECA, C.R.; ANDRADE, N.J; FERREIRA, C.L.L.F.; Isolamento de bactérias lácticas de leite cru da Região do Vale do Jaguaribe,

Ceará, Brasil. **Revista do Instituto de Laticínios “Candido Tostes”**. v. 58, n. 333, p 106-109, 2003.

CAVALCANTE, J.F.M; SILVA,R.F.N; ANDRADE, N.J DE; FURTADO, M.M.;
CECON, P.R. Queijo de coalho produzido com “ pool” de culturas lácticas isoladas de leite cru da região do vale do Jaguaribe, Ceará, Brasil. **Anais do XXI Congresso Nacional de laticínios. Revista do Instituto de Laticínios “Candido Tostes”**, v.59, n. 339, 2004.

CAVALCANTE, J.F.M. **Sistema de apoio à decisão na produção de leite e Queijo de Coalho com segurança alimentar**. 2005. 182p. Tese (doutorado em ciência e tecnologia de alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

CAVALCANTE, J.F.M.; ANDRADE, N.J.; FURTADO, M.M.; FERREIRA, C.L.L.F.; PINTO, C.L.O.; ELARD, E. Processamento do queijo coalho regional empregando leite pasteurizado e cultura láctica endógena. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.27, n.1; p.205-214; 2007.

CAVALCANTI, L. **Coordenadora do caderno Sabores da Folha de Pernambuco**. Disponível em <http://terramagazine.terra.com.br/interna/0,,OI4221820-EI6614,00-Museu+do+queijo+de+coalho.html>. Acesso em 19/07/2010.

CENTENO, J.A.; MENÉNDEZ, S.; HERMIDA, M.A.; RODRÍGUEZ-OTERO, J.L. Effects of the addition of *Enterococcus faecalis* in Cebreiro cheese manufacture. **International Journal of Food Microbiology**. n.48, p.97-111, 1999.

CHOI, J.; HORNE,D.S.; JOHNSON, M.E.; LUCEY, J.A. Effects of the concentration of insoluble calcium phosphate associated with casein micelles on the functionality of directly acidified cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 513-522, 2008.

CREAMER, L.K.; OLSON, N.F.. Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. **Journal of Food Science** v.,47, p. 636, 646, 1982.

CRUZ, A.C.; PEROTA, M.L.L.R.; MENDES, M.T.R. Elaboração de referencias (NBR 6023/2002). 2ªed. Rio de Janeiro:interciência, 2002.89p.

CUNHA, C.R. **Efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo minas frescal de baixo teor de gordura.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2002.

CURIONI, P.M.G.; BOSSET, J.O. Review: key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. **International Dairy Journal**. v.12, p.959-984, 2002.

DESMAZEAUD, M. J.; GRIPON, J. C. General mechanism of protein breakdown during cheese ripening. **Milchwissenschaft**, v.32, n.12, p.731-734, 1977.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Certificação e construção do museu do queijo de coalho. Disponível em http://www.diariodepernambuco.com.br/2010/07/15/economia6_0.asp. Acesso em 19/07/2010

EMMONS,D.B.;ERNSTROM,C.A.;LACROIX,C; VERRET, P. Predictive formulas for yield of cheese from composition of milk: a review. **Journal of Dairy Science**, v.73, p. 1365-1394, 1990.

EMMONS,D.B.;ERNSTROM,C.A.;LACROIX,C.;SAUVE,P. Further considerations in formulae for predicting cheese yield from the composition of milk. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.914-929, 1993.

ENGETECNO . **Como fabricar. Queijo de coalho.** Disponível em http://www.engetecno.com.br/como_fab_queijo_coalho.htm. Acesso em 26/07/10.

FAGAN, C.C; CASTILLO,M.;PAYNE, F. A.; O'DONELL, C.P.; O'CALLAGHAN, D.J. Effect of cutting time, temperature, and calcium on curd moisture, whey fat losses, and curd yield by response surface methodology. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.4499-4512, 2007.

FARKYE, N.Y. Cheese technology. **International Journal of Dairy Technology**, v.57, n. 2/3 p. 91-98, 2004.

FARKEY, N. Y.; FOX. P. F. Objective indices of cheese ripening. **Trends in Food Science and Technology**, v.1, n.2, p.37-40, 1990.

FENELON, M.A.; GUINEE,T.P. The effect of Milk fat n Cheddar cheese yield and its prediction, using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2287-2299, 1999.

FIORDA, R.A.; VIOTTO, W.H. Evolução do diacetil durante armazenamento de queijo de coalho. **CD de Resumos do XV Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP**, 22 e 23 de setembro de 2009, resumo T0910, 2009.

FOX, P. F. Proteolysis during cheese manufacture and ripening. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.6, p.1379-1400, 1989.

FOX, P.F.; LUCEY. J.A.; COGAN, T.M. Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. **Food Science and Nutrition**, v.29, n.4, p. 237-254, 1990.

FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M., McSWEENEY, P.L.H. Enzymatic coagulation of milk. In **Fundamentals of Cheese Science**. Aspen Publishers, Inc., Cap.6, p.98-137, 2000.

FOX, P.F.; COGAN, T.M. Factors that affect the quality of cheese. In: FOX,P.F; MCSWEENEY.P.L.H.; COGAN,T.M. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2. Major Groups. 3rd**.London: Elsevier Ltd., p.583-608, 2004.

FRANÇA,J.L.; VASCONCELOS,A.C. **Manual para normalização de publicação técnico-científica**.8^aed.Belo Horizonte:UFMG, 2008.

Ge, Q.; ALISTE-ALMENA, M.; KINDSTEDT, P.S. Reversibility of pH-induced changes in the calcium distribution and melting characteristics of mozzarella cheese. **The Australian journal of dairy Technology**. vol. 57, n.1, p. 3-9, 2002.

GIRAFFA, G.; CARMINATI, D.; NEVIANI, E. Enterococci isolated from dairy products: a review of risks and potencial technological use. **Journal of Food Protection**, v.60, n.6, p.732-738, 1997.

GUINEE, T.P.; HARRINGTON, D.; CORCORAN, M.O.; MULHOLLAND, E.O.; MULLINS,C. The composition and functional properties of commercial mozzarella, Cheddar and analogue pizza cheeses. **International Journal Dairy Technology**. v. 53, p. 51-56, 2000.

GUINEE, T. P; FEENEY, E.P.; AUTY, M.A.E.; FOX, P.F. Effect pH and calcium concentration on some textural and functional properties of mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1655-1669, 2002.

GUINEE, T.P. Role of protein in cheese and cheese products. In: FOX,P.F; MCSWEENEY.P.L.H. **Advanced Dairy Chemistry**. Volume 1:Proteins 3rd.London: Blackie, p 1083-1159, 2003.

GUINEE, T.P.; P.F.FOX. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: FOX,P.F; MCSWEENEY.P.L.H.; COGAN,T.M. **Cheese: Chemistry**,

Physics and Microbiology. Volume 2. Major Groups. 3rd. London: Elsevier Ltd., 2004. p. 207-259.

GUINEE, T.P; MCSWEENEY, P.L.H. Significance of milk fat in Cheese. In: FOX, P.F; MCSWEENEY, P.L.H. **Advanced Dairy Chemistry**. Volume 2: Lipids 3rd. Ed. Springer, p. 377-428, 2006.

GUINEE, T.P; MULHOLLAND, E.O.; KELLY, J.; CALLAGHAN, D.J.O. Effect of protein-to-fat ratio of milk on the composition, manufacturing efficiency, and yield of cheddar cheese. **Journal of Dairy science**. v 90, p. 110-123, 2007.

GUNASEKARAN, S.; AK, M.M. Cheesemaking –an overview. In **Cheese Rheology and Texture**. Washington, DC: CRC, 437p, 2003

GUO, M.R.; KINDSTEDT, P.S. Comparison of age-related changes in the expressible serum obtained from brine-salted and unsalted Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v.79, 1996.

GUO, R.M.; GILMORE, J.A.; KINDSTEDT, P.S. Effect of sodium chloride on the serum phase of Mozzarella Cheese. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.12, p.3092-3098, 1997.

GUO, M.; PARK, Y.W.; DIXON, P.H.; GILMORE, J.A.; KINDSTEDT, P.S. Relationship between the yield of cheese (chevrè) and chemical composition of goat milk. **Small Rumin. Res.**52, p.103-107, 2004.

HARRIGAN, W.F. **Laboratory Methods in Food Microbiology**. San Diego: Academic Press. 3.ed., 1998.

HASSAN A., JOHNSON M. E.; LUCEY J. A. Changes in the proportions of soluble and insoluble calcium during ripening of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 4, p. 854–862, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. D.B. Rebocho ed. São Paulo, 1985.

INSTITUTO DE LATICÍNIOS CANDIDO TOSTES. **Apostila de fabricação de queijos, curso de queijos convencionais III** . Juiz de fora, p.30, Setembro de 2002.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the total nitrogen content of milk by the Kjeldahl method**. Brussels, n.20, p.1-3, 1962.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the total solids content of cheese and processed cheese**. IDF-FIL., n.88, p.1-3, 1979.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Dairy starter cultures of lactic acid bacteria (LAB)**. Standard of Identity. Brussels. n.149A, 1997.

JACK, F.R.; PATERSON,A. Texture of hard cheeses. **Trends in Food Science and Technology**, v.3, p.160-164, 1992.

JOHNSON, M.E.; LUCEY, J.A. Calcium: a key factor in controlling cheese functionality. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 61, p. 147, 2006.

KINDSTEDT, P.S. Mozzarella and pizza cheese. In: FOX, P.F. **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**, v.2, London, New York. Elsevier Applied Science Publishers, 1987.

KINDSTEDT, P.S.; RIPPE, J.K. Rapid quantitative test for free oil (oiling off) in melted Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v.73, p. 867-873, 1990.

KINDSTEDT, P. S.; KIELY, L. J.; GILMORE, J. A. Variation in composition and functional properties within brine-salted Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.2913-2921, 1992.

KINDSTEDT, P. S.; FOX, P. F. Modified Gerber test for free oil in melted Mozzarella cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 4, p.1115-1116, July-Aug, 1991.

KINDSTEDT, P.S. Effects of manufacturing factors, composition, and proteolysis on functional characteristics of Mozzarella cheese. **Critical Review in Food Science Nutrition**, v.33, n.2, p.167-187, 1993.

KINDSTEDT, P.; CARIĆ, M.; MILANOVIĆ. Pasta-Filata Cheeses. In. FOX, P.F., MCSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, T. P.(Eds.) **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2: Major Cheese Groups. 3rd Ed.** London: Elsevier Ltd., 2004. p. 251-277.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V.V. **Cheese and fermented milk foods.** 3 ed., Westport: AVI, 1997. 728p.

LANE,C.N.; FOX,P.F.; JOHNSTON, D.E.; McSWEENEY,L.H. Contribution of coagulant to proteolysis and textural changes in cheddar cheese during ripening. **International Dairy Journal**, v.7, p.453-464, 1997.

LATICINIO NET. Tecnologia de fabricação. Queijo de coalho. Disponível em http://www.laticinio.net/inf_tecnicas.asp?cod=89. acesso em 27/07/10.

LAU, K.Y; BARBANO, D.M.; RASMUSSEN, R.R. Influence of pasteurization on fat and nitrogen recoveries and Cheddar cheese yield. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.561-570, 1990.

LAWRENCE, R.C.; GILLES, J.; CREAMER, L.K. The relationship between cheese texture and flavour. **New Zealand Journal of Dairy Science Technology.** v. 18, p. 175-190, 1983.

LOURENÇO NETO, J.P.M.; WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Exatidão da determinação volumétrica de caseína no leite. **Revista do instituto de laticínios “Candido Tostes”**, v.37, p.9-12, 1982.

LUCEY, J.A.; FOX, P.F. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review. **Journal of Dairy Science**. v 76, p. 1714-1724, 1993.

LUCEY, J.A.; HAUTH, B.; GORRY, C.; FOX, P.F. The acid-base buffering properties of milk. **Milchwissenschaft**. v. 48, p. 268-272, 1993.

LUCEY, J.A.; JOHNSON, M.E.; HORNE, D.S. Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.9, p.2725-2743, 2003.

LUYTEN, H.; VAN VLIET, T.. 1996. Effect of maturation on large deformation and fracture properties of (semi-)hard cheeses. **Netherlands Milk and Dairy Journal** v. 50, p. 295–307, 1996.

MA, L., DRAKE, M.A., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. and SWANSON, B.G. Rheology of full-fat and low-fat Cheddar cheeses as related to type of fat mimetic. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 748–752, 1997

MAMEDE, P.L. **Efeito da temperatura de cozimento sobre as propriedades tecnológicas do queijo de coalho**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MAMEDE, P.L.; PERRI, J.M.; ROSADO, M.S.; PITON, M.A.J.; KUAYE, A.Y.; VIOTTO, W.H. Caracterização de queijos de coalho elaborados com culturas selecionadas de *Enterococcus*. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos. **Anais do 7º SLACA**, Campinas, CD-ROM, 2007.

MATEO, M.J.; EVERARD, C.D.; FAGAN, C.C.; O'DONNELL, C.P.; CASTILLO, M.; PAYNE, F.A.; O'CALLAGHAN, D.J. Effect of milk fat concentration and gel firmness on syneresis during curd stirring. **International Dairy Journal**, v.19, p. 264-268, 2009.

McMAHON, D. J.; OBERG, C.J. Influence of fat, moisture and salt on functional properties of Mozzarella cheese. **Australian Journal of Dairy Technology**, Highett, v.53, n.4, p.98-101, 1998.

McSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. **International Journal of Dairy Technology**, v. 57, n.(2/3), p. 127-144, 2004.

MENÉNDEZ, S.; CENTENO, J.A.; GODÍNEZ, R.; RODRÍGUEZ-OTERO, J.L. Effect of *Lactobacillus* strains on the ripening and organoleptic characteristics of Arzúa-Ulloa cheese. **International Journal of Food Microbiology**. v.59, p.37-46, 2000.

MILKNET. **Queijo de coalho do agreste em receitas sofisticadas no globo verão**. Disponível em <http://www.milknet.com.br/?pg=noticias&id=11301&buscador=QUEIJO-DE-COALHO-DO-AGRESTE-EM-RECEITAS-SOFISTICADAS-NO-GLOBO-VERAO&local=1>. Acesso em 15/07/2010.

MUNCK, A.V. **Tecnologias caseiras. Queijo de coalho**. Disponível em <http://www.cienciadoleite.com.br/?action=6&type=0&t=28> acesso em 27/07/10

NARIMATSU, A.; DORNELLAS, J.R.F.; SPADOTI, L.M.; PIZAIA, P.D.; ROIG, S.M. Avaliação da proteólise e do derretimento do queijo prato obtido por ultrafiltração. **Ciência e tecnologia de alimentos**. v.23, p. 177-182, 2003.

NASCIMENTO, IRINÉIA ROSA DO; SILVA, ELISANGELA SANTOS; FELIX, FABIANA FERREIRA. Estudo das condições de abastecimento e comercialização e das características físico-químicos do queijo de coalho comercializado em Aracaju/SE. **Anais do XIX Congresso Nacional de laticínios. Revista do Instituto de Laticínios “Candido Tostes”**, n. 327 Vol. 57 Juiz de Fora, Julho/Agosto 2002.

NASSU, R.T; ARAÚJO, R.S.; BORGES, M.F.; LIMA, J.R.; MACEDO, B.A.; LIMA, M.H.P.; BASTOS, M.S.R. Diagnóstico das condições de processamento de produtos regionais derivados do leite no Estado do Ceará. **Boletim de pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa**, Fortaleza/CE, Dezembro/2001.

BERG, C.J.; MCMANUS, R.; MCMAHON, D.J. Microstructure of mozzarella cheese during manufacture. **Food Structure**. v.12, p. 251-258, 1993.

O'CONNOR, C.B., 1974 In: FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M., MCSWEENEY, P.L.H.; **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 2000.

O'KEEFFE, A. M.; FOX, P. F.; DALY, C. Proteolysis in cheddar cheese: role of coagulant and starter bacteria. **Journal of Dairy Research**, v. 45, p. 465-477, 1978.

O'MAHONY, J.A.; LUCEY, J.A.; MCSWEENEY, P.L.H. Chymosin-mediated proteolysis, calcium solubilization, and texture development during the ripening of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**. v.88, p.3101-3114, 2005

PALLES, T.; BERESFORD, T.; CONDON, S.; COGAN, T.M. Citrate metabolism in *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*. **Journal of Applied Microbiology**, v.85, p.147-154, 1998.

PARK, J., J. R. ROSENAU, AND M. PELEG. Comparison of four procedures of cheese meltability evaluation. **Journal of Food Science** v.49, p.1158–1161, 1170, 1984.

PASTORINO, A.J.; RICKS, N.P.; HANSEN, C.L.; McMAHON, D.J. Effect of calcium and water injection on structure-function relationships of cheese. **Journal of Dairy Science**. vol. 86, p. 105-113, 2003.

PASTORINO, A. J., C. L. HANSEN, D. J. McMAHON. Effect of pH on the chemical composition and structure function relationships of cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2751–2760, 2003.

PAULSON, B.M.; McMAHON, D.J.; OBERG, C.J. Influence of sodium chloride on appearance, functionality and protein arrangements in nonfat mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**. vol. 81, p. 2053-2064, 1998.

PEREZ, R.M. **Perfil sensorial, físico-químico e funcional de queijo de coalho comercializado no município de Campinas, SP**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PEREZ, R.M.; VIOTTO, W.H. Propriedades funcionais e composição de queijos de coalho comerciais. In: Congresso Nacional de Laticínios. **Anais do 25º CNL**, Juiz de Fora, CD-ROM, 2008.

PERRI, J.M.; PITON, M.A.J.; ROSADO, M.S.; MAMEDE, P.L.; KUAYE, A.Y.; VIOTTO, W.H. Caracterização de propriedades tecnológicas de bactérias do gênero *Enterococcus* isoladas de queijo de coalho. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos. **Anais do 7º SLACA**, Campinas, CD-ROM, 2007.

PIZAIA, P. D; SPADOTI, L. M., NARIMATSU, A; DORNELLAS, J. R. F; SALVADOR, M.R. Composição, proteólise, capacidade de derretimento e

formação de “blisters” do queijo mussarela obtido pelos métodos tradicional e de ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v 23, n3, 2003.

PORTALDOAGRONEGÓCIO. **Queijo de coalho com selo de indicação de origem**. Disponível em <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=41422> acesso em 19/07/2010.

RAO, V.N.M. Classification, description and measumerent of viscoelastic properties of solids foods. In: RAO, M.A.; STEFEE, J.F. **Viscoelastic Properties of Solids Foods**. London, New York: Elsevier Applied Science, p.3-47, 1992.

RICHARDSON, G.H. **Standard methods for examination of dairy products**. 15^aed., Washington, DC: Am. Public Health Association, 1985.

RODRIGUES, F. **Técnicas industriais. Fabricar queijo de coalho**. Disponível em <http://www.queijosnobrasil.com.br/portabrasil/fabricar-queijo-coalho.html>. Acesso em 26/07/2010.

RODRIGUES, M. S.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos** – Uma estratégia seqüencial de planejamentos, Casa do Pão editora, Campinas, 2005, 326p.

ROSADO, M.S.; PERRI, J.M.; PITON, M.A.J.; MAMEDE, P.L.; KUAYE, A.Y.; VIOTTO, W.H. Comportamento de bactérias do gênero *Enterococcus* no processamento de queijo coalho. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos. **Anais do 7º SLACA**, Campinas, CD-ROM, 2007.

ROWLAND, S.J.The determination of the casein content of milk. **Journal of Dairy Reserch**, v.42, 1938.

ROWNEY, M.; ROUPAS, P.; HICKEY, M. W.; EVERETT, D.W. Factors affecting the functionality of Mozzarella cheese. **Australian Journal of Dairy Technology**, Highett, v.54, n.2, p.94-102, 1999.

RUDAN, M.A.; BARBANO, D.M. A model of mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. **Journal of Dairy Science**. v. 81, p. 2312-2319, 1998.

SARANTINOPOULOS, P.; KALANTZOPOULOS, G.; TSAKALIDOU, E.F. Effect of *Enterococcus faecium* on microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Greek Feta cheese. **International Journal of Food Microbiology**, v.76, p.93-103, 2002.

SEBRAE-PE. Série Agroindústria. **Queijo de coalho: Aspectos Técnicos da Produção**. Ed. Agroindústria, Recife, SEBRAE-PE, 1994. 44p.

SEBRAE-PE. Comunicado Técnico. 27º Congresso nacional de Laticínios, Juiz de Fora. **O queijo de coalho do agreste de Pernambuco: história e reputação para reconhecimento de indicação geográfica**. PAQUEREAU, B.P.D.

Disponível em

<http://sebraepe2.interjornal.com.br/noticia.kmf?noticia=9847518&canal=107>.

Acesso em 19/07/2010.

SENA, M.J.; CERQUEIRA, M.M.O.P.; MORAIS, C.F.A.; CORREA, E.S.; SOUZA, M.R. Características físico-químicas de queijo de coalho comercializado em Recife, PE. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.14, n.74, p. 41-44, 2000.

SHEEHAN, J.J.; OLIVEIRA, J.C.; KELLY, A.L.; MCSWEENEY, P.L.H. Effect of cook temperature on primary proteolysis and predicted residual chymosin activity of a semi-hard cheese manufactured using thermophilic cultures. **International Dairy Journal**. v17, p. 826-834, 2007.

SOUZA, M.J.; ARDO, Y.; MCSWEENEY, P.L.H. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. **International Dairy Journal**, v.11, p.327-345, 2001.

SZCZESNIAK, A. S. Correlating sensory with instrumental texture measurements – an overview of recent developments. **Journal of Food Studies**, v.18, p. 1-15, 1987.

SUBRAMANIAN, R., MUTHUKUMARAPPAN, K. and GUNASEKARAN, S. Effect of methocel as a water binder on the linear viscoelastic properties of Mozzarella cheese during early stages of maturation. **Journal of Texture Studies**, v. 34, p. 361–380, 2003.

SZCZESNIAK, A. S.; BRANDT, M. A.; FRIEDMAN, H. H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and sensory methods of texture evaluation. **Journal of Food Science**, v.28, n.4, p.397-403, 1963.

THE SAS SYSTEM. **Statistical Analysis System**, versão 8e. The SAS Institute, Cary, N.C.

TUNICK, M. H.; MACKEY, K. L.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, v.45, n.2, p.117-125, 1991.

TUNICK, M.H. Effects of homogenization and proteolysis on free-oil in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, n.77, p.2487–2493, 1994.

VAN VLIET, T. Terminology to be used in cheese rheology. **International Dairy Federation Bulletin**, n. 268, p. 5-15, 1991.

VAN DER BERG, M.G. Definition and expression of cheese yield. In: **Cheese Yield and factors affecting its control.**, Brussels: IDF Seminar, cap. 2, p35-47, 1993.

VICENTE, M.S.; IBANEZ, F.C.; BARCINA.Y.; BARRON, L.J.R. Changes in the free amino acid content during ripening of Idiazabal cheese: influence of starter and rennet type. **Food Chemistry**, v. 72, p. 309-317, 2002.

WAKELING, I.N.; MACFIE, H.J. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, v.6, p.299-308, 1995.

WANG, H-H; SUN, D-W. Melting characteristics of cheese: analysis of effects of cheese dimensions using computer vision techniques. **Journal of Food Engineering**, v.52, p. 279-284, 2002.

YUN, J.J.; BARBANO, D.M.;KINDESTED, P.S.; Mozzarella cheese – impact of milling pH on chemical composition and proteolysis. **Journal of Dairy Science**, 1993.

YUN, J.J.; JOSEPH, K.L.; BARBANO, D.M.;KINDESTED, P.S. Mozzarella cheese:impact of cooking temperature on chemical composition, proteolysis and functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.76, p,3664-3673, 1993a

WALSTRA, P; WOURTES, J. T.M.; GEURTES, T. J. **Dairy Science and Technology**. CRC Press. 2rd. Cap.24, p. 577-638, 2006.

ANEXO I . MODELOS AJUSTADOS

Quadro 1. Modelo ajustado para a umidade dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (6)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	44,90	0,36	124,90	0,0000	44,02	45,78
CN/G (L)	-0,74	0,22	-3,35	0,0154	-1,28	-0,20
CN/G (Q)	-1,07	0,26	-4,09	0,0064	-1,71	-0,43
T coz (L)	-2,60	0,22	-11,82	0,0000	-3,14	-2,06
Tcoz (Q)	-1,43	0,26	-5,47	0,0016	-2,07	-0,79

Quadro 2. Modelo ajustado para a PBS dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	40,76	0,06	691,11	0,0000	40,50	41,01
CN/G (L)	1,86	0,04	51,55	0,0004	1,71	2,02
CN/G (Q)	-1,55	0,04	-36,15	0,0008	-1,74	-1,37
T coz (Q)	-1,57	0,04	-36,56	0,0007	-1,76	-1,39

Quadro 3. Modelo ajustado para a GBS dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	45,22	0,04	1149,15	0,0000	45,05	45,39
CN/G (L)	-4,20	0,05	-90,94	0,0001	-4,39	-4,00

Quadro 4. Modelo ajustado para a RGS dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	9,03	0,07	123,63	0,0001	8,72	9,34
CN/G (L)	-1,46	0,06	-23,71	0,0018	-1,72	-1,19
Tcoz (Q)	1,30	0,07	18,62	0,0029	1,00	1,60

Quadro 5. Modelo ajustado para a RGQ dos queijos de coalho.

	Coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	90,97	0,07	1245,43	0,0000	90,66	91,28
CN/G (L)	1,46	0,06	23,71	0,0018	1,19	1,72
Tcoz (Q)	-1,30	0,07	-18,62	0,0029	-1,60	-1,00

Quadro 6. Modelo ajustado para a RPQ dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	21,28	0,36	59,87	0,0000	20,30	22,27
CN/G (L)	-2,96	0,28	-10,53	0,0005	-3,74	-2,18
Tcoz (Q)	2,24	0,33	6,74	0,0025	1,32	3,17
CN/G xT coz	-2,80	0,52	-5,41	0,0057	-4,24	-1,36

Quadro 7. Modelo ajustado para o RR dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	10,12	0,02	667,88	0,0000	10,05	10,18
CN/G (L)	-0,52	0,01	-40,48	0,0006	-0,57	-0,46
CN/G (Q)	0,56	0,01	38,40	0,0007	0,49	0,62
Tcoz (Q)	-0,65	0,01	-51,20	0,0004	-0,71	-0,60

Quadro 8. Modelo ajustado para o RAJ dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	9,74	0,01	1518,60	0,0000	9,72	9,77
CN/G (L)	-0,52	0,01	-95,39	0,0001	-0,54	-0,49
CN/G (Q)	0,70	0,01	113,70	0,0001	0,67	0,72

Quadro 9. Modelo ajustado para a EP no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	6,99	0,07	102,24	0,0001	6,70	7,29
CN/G (L)	-0,51	0,04	-12,08	0,0068	-0,69	-0,33
CN/G (Q)	-0,83	0,05	-16,71	0,0036	-1,05	-0,62
T coz (L)	-0,51	0,04	-12,20	0,0067	-0,69	-0,33
Tcoz (Q)	-1,41	0,05	-28,30	0,0012	-1,63	-1,20

Quadro 10. Modelo ajustado para a EP no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (6)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	7,68	0,11	72,04	0,0002	7,22	8,14
CN/G (L)	-0,56	0,07	-8,51	0,0135	-0,84	-0,27
CN/G (Q)	-0,73	0,08	-9,37	0,0112	-1,06	-0,39
T coz (L)	-0,36	0,07	-5,58	0,0306	-0,65	-0,08
Tcoz (Q)	-1,51	0,08	-19,37	0,0027	-1,84	-1,17

Quadro 11. Modelo ajustado para a EP no dia 60 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	9,76	0,04	223,96	0,0000	9,57	9,95
CN/G (L)	-0,80	0,03	-30,02	0,0011	-0,92	-0,69
CN/G (Q)	-1,18	0,03	-37,28	0,0007	-1,32	-1,05
T coz (L)	-0,56	0,03	-21,11	0,0022	-0,68	-0,45
Tcoz (Q)	-1,99	0,03	-62,66	0,0003	-2,13	-1,85

Quadro 12. Modelo ajustado para a EP no dia 90 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	10,23	0,31	32,66	0,0009	8,88	11,58
CN/G (Q)	-1,10	0,23	-4,83	0,0403	-2,09	-0,12
T coz (L)	-1,29	0,19	-6,71	0,0215	-2,11	-0,46
Tcoz (Q)	-1,59	0,23	-6,95	0,0201	-2,57	-0,60

Quadro 13. Modelo ajustado para a PP no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	0,96	0,01	119,09	0,0001	0,93	1,00
CN/G (L)	-0,09	0,01	-14,83	0,0045	-0,11	-0,06
T coz (L)	-0,12	0,00	-24,50	0,0017	-0,14	-0,10
Tcoz (Q)	-0,16	0,01	-27,20	0,0013	-0,19	-0,14
CN/G x Tcoz	0,06	0,01	8,39	0,0139	0,03	0,09

Quadro 14. Modelo ajustado para a PD no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (4)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	55,73	3,45	16,14	0,0038	40,88	70,59
Tcoz (Q)	-18,84	3,31	-5,70	0,0294	-33,06	-4,61
CN/G x Tcoz	-15,07	4,11	-3,67	0,0670	-32,75	2,61

Quadro 15. Modelo ajustado para a PD no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (4)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	110,74	9,00	12,31	0,0003	85,75	135,72
CN/G (L)	-14,99	6,56	-2,28	0,0844	-33,20	3,23
Tcoz (L)	-33,24	6,56	-5,07	0,0071	-51,45	-15,02

Quadro 16. Modelo ajustado para a PD no dia 60 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (7)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	105,90	3,61	29,35	0,0000	97,37	114,43
CN/G (L)	10,18	2,21	4,61	0,0025	4,95	15,40
CN/G (Q)	-20,27	2,63	-7,71	0,0001	-26,49	-14,05
Tcoz (Q)	-19,52	2,63	-7,42	0,0001	-25,74	-13,30

Quadro 17. Modelo ajustado para a PD no dia 90 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	90,92	3,90	23,29	0,0018	74,12	107,71
CN/G (L)	-11,26	2,39	-4,71	0,0422	-21,54	-0,98
Tcoz (Q)	-14,52	2,84	-5,10	0,0363	-26,76	-2,28

Quadro 18. Modelo ajustado para a OL no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	4,00	0,50	8,00	0,015	1,85	6,15
CN/G (L)	-2,43	0,31	-7,93	0,016	-3,75	-1,11
Tcoz (L)	1,42	0,31	4,64	0,043	0,10	2,74
Tcoz (Q)	1,73	0,36	4,75	0,042	0,16	3,30

Quadro 19. Modelo ajustado para a OL no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	6,57	0,12	54,35	0,0003	6,05	7,09
CN/G (L)	-2,64	0,14	-18,63	0,0029	-3,25	-2,03
T coz (L)	1,29	0,14	9,12	0,0118	0,68	1,90

Quadro 20. Modelo ajustado para a OL no dia 60 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	5,82	0,17	33,43	0,0009	5,07	6,57
CN/G (L)	-1,45	0,20	-7,12	0,0191	-2,33	-0,58
T coz (L)	1,47	0,20	7,19	0,0188	0,59	2,35

Quadro 21. Modelo ajustado para a OL no dia 90 dos queijos de coalho.

	Coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
média	7,15	0,17	41,06	0,0006	6,40	7,90
CN/G (L)	-2,10	0,20	-10,30	0,0093	-2,98	-1,22
T coz (L)	0,91	0,20	4,47	0,0465	0,03	1,79

Quadro 22. Modelo ajustado para a dureza no dia 20 dos queijos de coalho.

	Coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	5580,97	314,70	17,73	0,0032	4226,92	6935,01
CN/G (L)	1678,95	264,86	6,34	0,0240	539,35	2818,55
T coz (L)	1230,71	264,86	4,65	0,0433	91,11	2370,31
Tcoz (Q)	2547,29	301,30	8,45	0,0137	1250,89	3843,69

Quadro 23. Modelo ajustado para a dureza no dia 40 dos queijos de coalho.

	Coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	5497,35	382,43	14,37	0,0048	3851,91	7142,79
Tcoz (Q)	2987,11	366,14	8,16	0,0147	1411,71	4562,50

Quadro 24. Modelo ajustado para a dureza no dia 90 dos queijos de coalho.

	Coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	5403,43	102,70	52,62	0,0004	4961,56	5845,29
CN/G (L)	1748,00	86,43	20,22	0,0024	1376,11	2119,88
T coz (L)	1960,40	86,43	22,68	0,0019	1588,52	2332,29
Tcoz (Q)	3225,01	98,32	32,80	0,0009	2801,96	3648,06

Quadro 25. Modelo ajustado para a mastigabilidade no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	2513,54	27,62	91,01	0,0001	2394,71	2632,37
CN/G (L)	397,23	23,24	17,09	0,0034	297,22	497,24
T coz (L)	1253,51	23,24	53,93	0,0003	1153,50	1353,52
Tcoz (Q)	1708,86	26,44	64,63	0,0002	1595,09	1822,64
CN/G x Tcoz	577,27	32,87	17,56	0,0032	435,83	718,71

Quadro 26. Modelo ajustado para a mastigabilidade no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (4)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	2515,09	407,43	6,17	0,0035	1383,87	3646,31
T coz (L)	1585,19	342,91	4,62	0,0099	633,12	2537,25
Tcoz (Q)	2059,32	390,09	5,28	0,0062	976,26	3142,38

Quadro 27. Modelo ajustado para a mastigabilidade no dia 60 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	2272,99	68,91	32,98	0,0009	1976,49	2569,50
T coz (L)	1142,51	58,00	19,70	0,0026	892,96	1392,05
Tcoz (Q)	2166,06	65,98	32,83	0,0009	1882,18	2449,94

Quadro 28. Modelo ajustado para a mastigabilidade no dia 90 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	2352,65	37,99	61,93	0,0003	2189,19	2516,12
CN/G (L)	904,79	31,97	28,30	0,0012	767,21	1042,36
T coz (L)	1259,10	31,97	39,38	0,0006	1121,52	1396,67
Tcoz (Q)	2268,91	36,37	62,38	0,0003	2112,41	2425,42

Quadro 29. Modelo ajustado para a tensão na ruptura no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	174388,84	12580,94	13,86	0,0052	120257,42	228520,26
CN/G (L)	47519,08	10588,44	4,49	0,0462	1960,70	93077,45
T coz (L)	60912,43	10588,44	5,75	0,0289	15354,05	106470,81
Tcoz (Q)	81867,34	12045,33	6,80	0,0210	30040,46	133694,23

Quadro 30. Modelo ajustado para a tensão na ruptura no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	170237,35	1992,71	85,43	0,0001	161663,40	178811,29
CN/G (L)	49080,72	1677,12	29,26	0,0012	41864,66	56296,77
T coz (L)	93515,38	1677,12	55,76	0,0003	86299,33	100731,44
Tcoz (Q)	109573,79	1907,88	57,43	0,0003	101364,86	117782,72

Quadro 31. Modelo ajustado para a tensão na ruptura no dia 90 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	187153,63	2333,17	80,21	0,0002	177114,83	197192,44
CN/G (L)	57097,84	1963,65	29,08	0,0012	48648,93	65546,76
T coz (L)	73794,74	1963,65	37,58	0,0007	65345,83	82243,66
Tcoz (Q)	94947,63	2233,84	42,50	0,0006	85336,21	104559,05

Quadro 32. Modelo ajustado para a tensão máxima no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	336980,50	21898,70	15,39	0,0042	242757,99	431203,01
T coz (L)	100317,67	18430,50	5,44	0,0321	21017,61	179617,73
Tcoz (Q)	92521,44	20966,41	4,41	0,0477	2310,25	182732,63

Quadro 33. Modelo ajustado para a tensão máxima no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	328802,21	12295,85	26,74	0,0014	275897,45	381706,97
CN/G (L)	58968,13	10348,50	5,70	0,0294	14442,14	103494,12
T coz (L)	54138,45	10348,50	5,23	0,0346	9612,46	98664,44
Tcoz (Q)	71343,70	11772,38	6,06	0,0262	20691,24	121996,15

Quadro 34. Modelo ajustado para a tensão máxima no dia 90 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	344640,55	18404,57	18,73	0,0028	265452,08	423829,02
CN/G (L)	74303,59	15489,75	4,80	0,0408	7656,56	140950,61
T coz (L)	83716,13	15489,75	5,40	0,0326	17069,10	150363,16

Quadro 35. Modelo ajustado para o módulo de elasticidade no dia 20 dos queijos de coalho.

	Coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	2,21E+07	5,02E+05	4,41E+01	0,0005	2,00E+07	2,43E+07
CN/G (L)	4,72E+06	4,22E+05	1,12E+01	0,0079	2,90E+06	6,54E+06
T coz (L)	6,71E+06	4,22E+05	1,59E+01	0,0039	4,89E+06	8,52E+06
Tcoz (Q)	4,05E+06	4,80E+05	8,43E+00	0,0138	1,98E+06	6,12E+06

Quadro 36. Modelo ajustado para o módulo de elasticidade no dia 40 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	1,54E+07	3,57E+05	4,32E+01	0,0005	1,39E+07	1,69E+07
CN/G (L)	3,19E+06	2,18E+05	1,46E+01	0,0046	2,25E+06	4,13E+06
CN/G (Q)	3,09E+06	2,60E+05	1,19E+01	0,0070	1,97E+06	4,21E+06
Tcoz (Q)	3,83E+06	2,18E+05	1,75E+01	0,0032	2,89E+06	4,77E+06
T coz (L)	6,93E+06	2,60E+05	2,67E+01	0,0014	5,81E+06	8,05E+06

Quadro 37. Modelo ajustado para o módulo de elasticidade no dia 60 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	1,80E+07	9,53E+05	1,89E+01	0,0028	1,39E+07	2,21E+07
CN/G (L)	5,95E+06	6,95E+05	8,56E+00	0,0134	2,96E+06	8,94E+06
T coz (L)	1,07E+07	5,84E+05	1,84E+01	0,0029	8,22E+06	1,32E+07
Tcoz (Q)	9,36E+06	6,95E+05	1,35E+01	0,0055	6,37E+06	1,24E+07
CN/G x Tcoz	7,55E+06	8,26E+05	9,14E+00	0,0118	3,99E+06	1,11E+07

Quadro 38. Modelo ajustado para o módulo de elasticidade no dia 90 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	2,06E+07	5,20E+05	3,96E+01	0,0006	1,84E+07	2,28E+07
CN/G (L)	5,80E+06	4,37E+05	1,33E+01	0,0056	3,92E+06	7,68E+06
T coz (L)	7,40E+06	4,37E+05	1,69E+01	0,0035	5,52E+06	9,28E+06
Tcoz (Q)	6,76E+06	4,98E+05	1,36E+01	0,0054	4,61E+06	8,90E+06

Quadro 39. Modelo ajustado para Luminosidade antes do derretimento no dia 20 dos queijos de coalho.

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	90,25	0,02	4688,39	0,0000	90,17	90,34
CN/G (L)	-0,67	0,02	-41,15	0,0006	-0,74	-0,60
T coz (L)	-1,06	0,02	-65,63	0,0002	-1,13	-0,99
Tcoz (Q)	-0,93	0,02	-50,40	0,0004	-1,01	-0,85

Quadro 40. Modelo ajustado para Luminosidade antes do derretimento no dia 40 dos queijos de coalho

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	90,78	0,16	577,86	0,0000	90,10	91,45
CN/G (L)	-0,95	0,10	-9,82	0,0102	-1,36	-0,53
CN/G (Q)	-1,21	0,11	-10,59	0,0088	-1,70	-0,72
T coz (L)	-1,52	0,10	-15,75	0,0040	-1,93	-1,10
Tcoz (Q)	-0,81	0,11	-7,11	0,0192	-1,31	-0,32

Quadro 41. Modelo ajustado para Luminosidade antes do derretimento no dia 60 dos queijos de coalho

	coef. Regressão	erro padrão	t (2)	p-valor	- 95% Limite conf.	+ 95% Limite conf.
Média	90,76	0,04	2179,98	0,0000	90,58	90,94
CN/G (Q)	-0,68	0,03	-22,41	0,0020	-0,81	-0,55
T coz (L)	-1,26	0,03	-49,44	0,0004	-1,37	-1,15
Tcoz (Q)	-1,12	0,03	-36,91	0,0007	-1,25	-0,99