



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

TESE DE DOUTORADO

**GÉIS DE ALGINATO DE CÁLCIO COM BAIXO VALOR CALÓRICO:
INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO PERFIL DE
TEXTURA INSTRUMENTAL E SENSORIAL**

Glória Ramalho Marques

Prof. Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix

ORIENTADOR

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

PARECER

Campinas - SP
2001

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Glória Ramalho Marques, aprovada pela Comissão Julgadora em 09 de março de 2001.

Campinas, 09 de março de 2001


Prof. Dra. Marisa de Nazaré H. Jackix
Presidente da Banca

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	M348g
V.	
TOMBO BC/	94603
PROC.	16-392101
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	18/10/2001
N.º CPD	

CM00156291-4

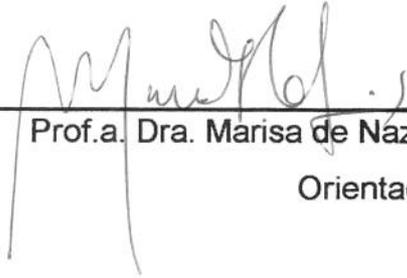
FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA - UNICAMP

M348g Marques, Glória Ramalho
Géis de Alginato de cálcio com baixo valor calórico:
influência das variáveis de processo no perfil de textura
instrumental e sensorial/ Glória Ramalho Marques. – Campinas,
SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Marisa de Nazaré Hoelz Jackix
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

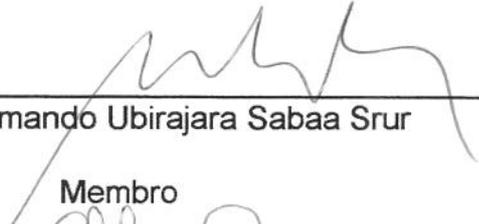
1.Alginatos 2.Alimentos-textura. 3.Avaliação sensorial.
4.Análise instrumental. I.Marques, Glória Ramalho.
II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia
de Alimentos. III.Título.

BANCA EXAMINADORA



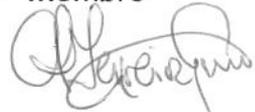
Prof.a. Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix

Orientadora



Prof. Dr. Armando Ubirajara Sabaa Srur

Membro



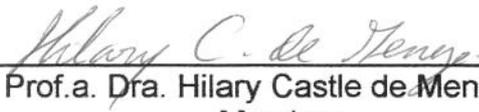
Prof. Dr. Carlos Raimundo Ferreira Grosso

Membro



Prof.a. Dra. Débora de Queiroz Tavares

Membro



Prof.a. Dra. Hilary Castle de Menezes

Membro

Prof. Dra. Maria Aparecida P. da Silva

Membro

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia

Membro

“O sonho é ver as formas invisíveis
Da distância imprecisa, e, com sensíveis
Movimentos da esperança e da vontade
Buscar na linha fria do horizonte
A árvore, a praia, a flor, a ave, a fonte
Os beijos merecidos da verdade”

Fernando Pessoa

*"O amor nunca falha e a vida nunca falhará
enquanto houver amor"*

Henry Drumond

Aos meus filhos Rafael e Flávia,
Razão da minha vida
Pelos momentos de ausência física
E por me ensinarem o caminho do amor
Da doação e da Paz

*Ao Antônio Carlos pelo incentivo, estímulo
e amor eterno*

Aos meus pais David e Virgínia
Por me darem e ensinarem o caminho da vida
E pela essência de minha formação

Aos meus irmãos Eduardo, meu "filhote"
E ao Fernando, por sua luta com força e coragem
Nos dando o exemplo
De que a vida é bela e deve ser vivida
Plenamente, dia a dia.

À tia Mana por seu carinho de mãe

In Memoriam

À vovó Hermínia pelas preces
Que me confortavam e davam forças nas idas e vindas.

Ao tio Zé que sempre estará junto a mim,
Meu amor e saudade eterna

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi consequência do apoio e esforço de pessoas muito especiais:

À Professora Marisa Jackix pela orientação, confiança e palavras de carinho e de fé nos últimos momentos deste trabalho;

Aos mestres: Carlos Grosso, Débora de Queiroz, Hilary Menezes, Horácio Pezoa e Maria Aparecida, que sempre me transmitiram seus conhecimentos e experiências profissionais e de vida, com dedicação e carinho, o meu profundo respeito e admiração;

Ao mestre e amigo Sabaa, pelos ensinamentos, incentivo e otimismo durante todo o percurso de minha vida estudantil e profissional;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos que me permitiu o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Departamento de Nutrição Básica e Experimental (DNBE) do Instituto de Nutrição da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IN/UFRJ), pelo apoio e estímulo a minha qualificação;

As indústrias Cia Nutrasweet, SKW Systems do Brasil; Cerestar A Company of Eridania Béchin; HOESCHST S.A.do Brasil pela gentileza em fornecer a matéria-prima para realização deste trabalho;

Às Professoras Cristina, do Instituto de Macromoléculas (IMA) e Professora Paula, do Instituto de Química da UFRJ, pela atenção e grande ajuda nos momentos de dúvidas e indecisões;

Aos funcionários da FEA, em especial ao Cosme, Creusa, Fátima, Jonas Marlene, Valdeci e Toninho (*in memoriam*) pelo excepcional apoio em todos os momentos solicitados;

Aos colegas provadores: Andréa, Bete, Carla, Caveira, Chico, Cidinha, Florência, Helenyta, Luciane, Serginho, Soely e Suzana, pela disponibilidade, paciência e bom humor na avaliação sensorial dos géis;

À Aninha e Priscila pelo carinho e ajuda no Laboratório de Frutas Hortaliças e Produtos Açucarados;

Ao Chico pelo agradável convívio, bons conselhos e amizade na realização da avaliação Instrumental de Textura e de íons cálcio; o meu maior carinho;

À Iara, do Laboratório de Microestruturas de Alimentos, pela atenção e dedicação nas análises microscópicas.

À Rose pela grande ajuda e paciência na avaliação da Viscosidade Intrínseca do alginato, o meu muito obrigada;

À Ette pela valiosa colaboração na execução do Delineamento Experimental;

À Cris pelo companheirismo e palavras de otimismo nas longas tardes de laboratório;

À Regina pelas trocas profissionais e de sonhos pessoais

À Cida, Dora, Lu e Mirna, pelos momentos de alegria e amizade compartilhadas que foram tão importantes para mim;

Aos colegas: Eliete, Guida, Leila, Márcia, Neuralúcia, Niurka, Paulo, Randolpho, Vitória, Zé Ricardo, pelos bons momentos, conversas e discussões enriquecedoras;

Um carinho demorado à Flávia Bellard e Marcus Authur pela grande ajuda nos trabalhos, e principalmente pelos momentos de confidências, sonhos e caminhadas;

À família Dzimba: Gaspar, Flávia, Thindeka, Zimane e Bernardo pela generosidade e laços de fraternidade e amizade criados;

À colega, irmã, mãe nas travessias e “namorada” Flávia Dzimba, uma amiga para sempre;

Ao amigo, que mostrou-me que a amizade sincera pode ser eterna.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xix
LISTA DE FIGURAS.....	xxi
RESUMO	xxv
ABSTRACT	xxix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Gel.....	5
2.2 Alginato.....	8
2.2.1 Composição Química.....	9
2.2.2 Propriedades	10
2.2.2.1 Viscosidade:	10
2.2.2.2 Viscosidade intrínseca e massa molecular média	12
2.2.2.3 Compatibilidade com outros compostos	13
2.2.2.4 Mecanismo de formação do gel.....	14
2.2.2.4.1 Técnicas de formação do gel.....	16
2.2.3 Aspectos Fisiológicos, Nutricionais e Toxicológicos	17
2.2.4 Aplicação na Indústria de Alimentos.....	20
2.3 Produtos de valor calórico reduzido.....	22
2.3.1 Polióis	25
2.3.1.1 Eritritol.....	27
2.3.1.1.1 Propriedades	28
2.3.1.1.2 Aspectos fisiológicos	29
2.3.1.1.3 Aspectos toxicológicos.....	30
2.3.1.1.4 Aplicações na Indústria de Alimentos	30
2.3.2 Aspartame	31
2.4 Medidas de textura em alimentos	33
2.4.1 Medidas de textura instrumental.....	34
2.4.1.1 Tipos de Testes	35
2.4.1.2 Tipos de Instrumentos	35
2.4.1.3 Análise do Perfil de Textura Instrumental (APT).....	37
2.4.2 Avaliação sensorial de textura.....	41
2.4.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	44
2.5 Correlação entre parâmetros instrumentais e sensoriais.....	46
2.6 Metodologia de Superfície de Resposta (MSR).....	46

3. MATERIAL E MÉTODOS	49
3.1 Material	49
3.1.1 Matéria-Prima e Reagentes	49
3.1.2 Equipamentos	49
3.2 Métodos	50
3.2.1 Metodologia Experimental	50
3.2.1.1 Delineamento Experimental	50
3.2.1.2 Preparo dos géis	53
3.2.1.3 Determinação do tempo de gelificação	54
3.2.1.4 Avaliação dos géis	54
3.2.2 Métodos analíticos	54
3.2.2.1 Viscosidade Intrínseca e Massa Molecular Média	54
3.2.2.2 Quantificação dos íons cálcio nos Géis	55
3.2.2.3 Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA)	56
3.2.2.4 Microscopia Ótica e Eletrônica dos Géis	56
3.2.2.5 Análise Sensorial	57
3.2.2.5.1 Equivalência do Poder Edulcorante do Eritritol e da mistura Eritritol/Aspartame	57
3.2.2.5.2 Perfil Sensorial de Textura e Sabor	60
3.2.2.5.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	60
3.2.3 Métodos estatísticos	63
3.2.3.1 Análise de variância	63
3.2.3.2 Análise de Componente Principal (ACP)	63
3.2.3.3 Metodologia de Superfície de Resposta	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 Caracterização do alginato de sódio	65
4.2 Determinação do tempo de gelificação	66
4.2.1 Tempo de Imersão nas Soluções de Cloreto de Cálcio	66
4.2.2 Determinação do tempo de gelificação para cada uma das formulações	68
4.3 Efeito das Variáveis de Processo no teor de íons cálcio quantificados nos géis	71
4.4 Efeito das variáveis de processo no perfil instrumental de textura	76
4.4.1 Comportamento dos géis quanto à dureza	77
4.4.2 Comportamento dos géis em relação à elasticidade	81
4.4.3 Comportamento dos géis em relação em relação à gomosidade	84
4.4.4 Comportamento dos géis em relação à mastigabilidade	88
4.4.5 Comportamento dos géis em relação à coesividade	90
4.4.6 Maximização e minimização das respostas	92

4.4.7 Correlações entre as respostas instrumentais.....	93
4.4.7.1 Correlação das Respostas Dureza/Concentração de Íons Cálcio [Ca ⁺⁺].....	94
4.4.7.2 Correlação das respostas Dureza/Elasticidade	101
4.4.7.3 Correlação das respostas Dureza/Gomosidade	107
4.4.7.4 Correlação das respostas Dureza/Mastigabilidade.....	113
4.4.7.5 Correlação das respostas Dureza/Coesividade.....	119
4.5 Avaliação sensorial.....	125
4.5.1 Equivalência do poder edulcorante do eritritol e da mistura eritritol/aspartame..	125
4.5.2 Perfil sensorial de textura e sabor	128
4.5.2.1 Seleção das amostras para a avaliação do perfil sensorial	128
4.5.2.2 Seleção de atributos.....	133
4.5.2.3 Avaliação das amostras.....	141
4.5.3 Correlação entre as medidas instrumentais e sensoriais de textura e sabor dos géis.....	145
4.6 Microscopia Ótica e Eletrônica dos Géis	153
5. CONCLUSÕES	159
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação das Gomas.....	7
TABELA 2 – Viscosidade intrínseca de alguns alginatos comerciais e alguns obtidos em laboratório.....	13
TABELA 3 – Distribuição de eritritol na natureza.....	28
TABELA 4 -Valores reais das variáveis independentes.....	51
TABELA 5 - Delineamento experimental, para avaliar o efeito das variáveis independentes que influem nas características dos géis para cada tratamento.....	52
TABELA 6 - Concentrações de sacarose, eritritol e eritritol/aspartame utilizadas para determinação da equivalência de doçura em relação à sacarose.....	59
TABELA 7 - Tempo de gelificação das 17 formulações, após imersão nas soluções de cloreto de cálcio	69
TABELA 8 - Teores de íons cálcio correspondentes às concentrações de alginato de sódio e cloreto de cálcio, em diferentes níveis de pH dos 17 géis após o processo de gelificação.....	72
TABELA 9– Análise de Variância para o teor de íons cálcio dos géis.....	73
TABELA 10 - Média dos dados experimentais obtidos no APT instrumental para os atributos de Dureza, Elasticidade, Coesividade, Gomosidade e Mastigabilidade.....	76
TABELA 11 – Análise de variância para dureza dos géis.....	77
TABELA 12 – Análise de variância para elasticidade dos géis.....	81
TABELA 13 – Análise de variância para gomosidade dos géis.....	84
TABELA 14 – Análise de variância para mastigabilidade dos géis.....	88
TABELA 15 – Análise de variância para coesividade dos géis.....	90
TABELA 16 - Condições experimentais de maximização das respostas.....	92
TABELA 17 - Condições experimentais de minimização das respostas.....	92

TABELA 18 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as médias das características instrumentais e da concentração de Ca^{++} nos géis.....	93
TABELA 19 - Resultados da mistura eritritol/aspartame.....	125
TABELA 20 - Média geométrica das doçuras dos géis.....	126
TABELA 21 - Atributos sensoriais obtidos das fichas de todos os provadores com a indicação do número de vezes (N) em que cada atributo foi citado.....	133
TABELA 22 - Média dos valores obtidos na avaliação sensorial de textura dos géis.....	144
TABELA 23 - Coeficiente de correlação de Person (r) entre as características mecânicas de textura e os atributos sensoriais de textura e sabor. Números entre parênteses representam o nível de significância de r..	145
TABELA 24 - Equação da Análise de Regressão múltipla para cada atributo sensorial de textura e sabor em função das características mecânicas de textura.....	148

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Estrutura química dos monômeros constituintes do ácido algínico.....	9
FIGURA 2 - Modelo "caixa de ovo" para gelificação do alginato.....	15
FIGURA 3 - Estrutura do Eritritol.....	27
FIGURA 4 - Curva Força/Tempo.....	38
FIGURA 5 - Modelo de ficha utilizada para Estimação de Magnitude.....	59
FIGURA 6 - Ficha utilizada no método "Kelly's Repertory Grid".....	62
FIGURA 7- Superfícies de resposta para a concentração de íons cálcio nos géis.....	75
FIGURA 8 - Superfícies de resposta e curvas de contorno para dureza dos géis..	79
FIGURA 9 - Superfícies de resposta e curvas de contorno para elasticidade....	83
FIGURA 10- Superfícies de resposta e curvas de contorno para gomosidade...	87
FIGURA11 - Superfícies de resposta e curvas de contorno para mastigabilid.....	89
FIGURA 12- Superfícies de resposta e curvas de contorno para coesividade.....	91
FIGURA 13- Efeito das variáveis de processo no teor de íons cálcio dos géis....	97
FIGURA 13a -Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.....	99
FIGURA14- Efeito das variáveis de processo no atributo de elasticidade.....	103
FIGURA 14a -Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.....	105
FIGURA 15 - Efeito das variáveis de processo no atributo de gomosidade.....	109
FIGURA 15a- Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.....	111
FIGURA 16 - Efeito das variáveis de processo no atributo de mastigabilidade....	115
FIGURA 16a - Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.....	117
FIGURA 17 - Efeito das variáveis de processo no atributo de coesividade.....	121
FIGURA 17a- Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.....	123
FIGURA 18 - Resultados da mistura eritritol/aspartame.....	127
FIGURA 19 - Análise do componente principal (ACP).....	131
FIGURA 20- Ficha de definição dos termos usados na ADQ dos géis.....	135
FIGURA 21- Ficha para avaliação das amostras.....	137
FIGURA 22 - Análise do componente principal (ACP).....	139
FIGURA 23 A,B eC - Micrografias Eletrônicas de Transmissão.....	155
FIGURA 23 CeD - Micrografias Eletrônicas de Transmissão.....	157

Este trabalho foi desenvolvido nos laboratórios de Frutas Hortaliças e Produtos Açucarados, do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA); e nos Laboratórios de Análise Sensorial, Laboratório Central e Laboratório de Microestrutura de Alimentos do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição (DEPAN) da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

RESUMO

O alginato tem sido utilizado na indústria alimentar para produzir géis de textura semelhante à de frutas e outros alimentos. Tais géis, associados a matérias-primas de origem animal ou vegetal, podem ser utilizados para produtos reestruturados ou simulados, apresentando boa estabilidade térmica, assim proporcionando ampla aplicação. O eritritol é um bom substituto para a sacarose em produtos gelificados, devido às suas propriedades adoçantes, baixo valor calórico e por participar na formação do gel. Visando contribuir para a otimização de produtos reestruturados de alginatos, 17 géis de alginato de cálcio a partir de alginato de sódio, cloreto de cálcio em diversas faixas de pH, foram formulados segundo um delineamento rotacional central, onde as três variáveis independentes (alginato de sódio, cloreto de cálcio e pH), foram estabelecidas a 0,8, 1,1, 1,5, 1,9 e 2,2%; 1,0, 1,3, 1,8, 2,3 e 2,6%; 3,0, 3,8, 5,0, 6,2 e 7,0, respectivamente. A concentração de eritritol foi mantida constante a 10% em todas as formulações. Para proporcionar sabor às amostras, foi também adicionado óleo essencial de laranja em concentração de 0,3%. Para ajustar o poder de doçura ao da sacarose a 10%, foi também utilizado aspartame em concentração de 0,06% a todas as formulações tempo de gelificação das formulações foi observado com o objetivo de diminuir o tempo de processo na indústria, que variou de 10 a 16 horas, tendo todas as amostras permanecido somente por duas horas imersas nas soluções de cloreto de cálcio, sendo os menores tempos obtidos para as amostras com baixas concentrações de hidrocolóide, concentrações variáveis de cloreto de cálcio, e baixos pH. Foram descritas as influências das três variáveis independentes com as diversas concentrações de íons cálcio determinadas nos 17 géis; foi observado que à medida que o pH aumentava, mantendo-se as concentrações de alginato e cloreto de cálcio, as concentrações de íons cálcio aumentavam. Nos géis foi avaliado o perfil de textura instrumental TPA (utilizando texturômetro TA-XT₂ e dispositivo cilíndrico P/55 para compressão) para os atributos de dureza, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade, coesividade e adesividade,

possibilitando aferir condições de processo que possam minimizar ou maximizar cada um de tais atributos. As correlações entre os atributos instrumentais de textura entre si e com a concentração de íons cálcio foram também avaliadas, observando-se as maiores correlações entre dureza e gomosidade (0,96 $p < 0,0001$), dureza e mastigabilidade (0,93 $p < 0,0001$) e gomosidade e mastigabilidade (0,89 $p < 0,0001$). Quando foi correlacionada a concentração de íons cálcio a tais atributos, observou-se baixa correlação, sendo as maiores em relação à dureza (0,34) e à gomosidade (0,33). O perfil sensorial de textura e sabor foi avaliado nos 7 géis que mais se diferenciaram na análise instrumental, utilizando-se a Análise de Componentes Principais (ACP). Os géis assim selecionados foram submetidos à metodologia de Análise Descritiva Quantitativa ADQ, onde 12 provadores geraram 141 termos que foram agrupados em sinônimos, chegando-se a 11 atributos, sendo 7 para textura e 4 para sabor. Os atributos sensoriais que mais discriminaram as amostras através da ACP foram dureza, elasticidade, mastigabilidade, espalhabilidade, perda de líquido, sabor laranja, gosto doce, ácido e amargo residual. As baixas concentrações de alginato, e as propriedades de sabor laranja e doce foram significativamente mais altas. Mastigabilidade e dureza, julgados por avaliação manual e oral mostraram correlação negativa aos atributos de sabor. A valores intermediários de pH, as amostras formuladas com as maiores concentrações de alginato e cloreto de cálcio apresentaram a maior dureza por avaliação oral. Para prever os atributos sensoriais em função dos parâmetros, foi realizada análise de regressão múltipla. Os parâmetros instrumentais possibilitaram prever satisfatoriamente os atributos sensoriais de espalhabilidade, dureza oral e perda de líquido nos géis. Os valores da equivalência do poder edulcorante do eritritol e da mistura eritritol/aspartame foram determinados utilizando o método de estimativa de magnitude, obtendo-se valores muito próximos à doçura da sacarose nas concentrações estudadas, tendo-se como correspondência a 10% da sacarose as concentrações de 0,85 e 1,14 respectivamente. Dentre os 7 géis selecionados para o perfil sensorial de textura e sabor através de ACP, foram escolhidos três que mais se diferenciaram entre si para a análise da microestrutura através de microscopia ótica e

microscopia eletrônica de transmissão (MET). A microscopia ótica em aumento de até 1.000 vezes, os géis apresentaram-se de forma homogênea, agregando-se periodicamente em área mais densas, comportamento este semelhante nos três géis. Ao MET, com aumento de 17,000 24,000 e 50,000 vezes, demonstrou-se, que em todos os géis a gelificação ocorreu de forma periódica, em agregados tridimensionais de filamentos finos.

ABSTRACT

The Alginate has been used in the food industry to produce gels with textures similar to that of fruits and other foods. These gels, associated with raw materials from an animal or vegetal source, can be used for restructured or simulated products, which present good heat stability, thus providing a wide application. Erythritol is a good substitute for saccharose in gel products, due to its sweetening properties, low caloric value and also its participation in gel formation. With the purpose of aiding the optimization of products restructured from alginates, 17 gels of calcium alginate made from sodium alginate, and calcium chloride, at different of values, were formulated according to a central rotational design, in which the three independent variables were established respectively as, sodium alginate: 0.8; 1.1; 1.5; 1.9; 2.2%; calcium chloride: 1.0; 1.3; 1.8; 2.3; 2.6%, and pH. 3.0; 3.8; 5.0; 6.2; 7.0. The erythritol concentration was maintained stable at 10% in all formulations. In order to give flavor to the samples, orange essential oil was added at a concentration of 0.3%. In order to adjust the sweetness power to that of 10% sucrose, aspartame at a concentration of 0.06% was added to all formulations. The gelation time, of the formulations was observed, with the aim of decreasing the process time in the industry. The variation found was from 10 to 16 hours, with all samples remaining immersed in the solution of a calcium chloride for only two hours. The shortest gelation being obtained with samples with low concentrations of the hydrocolloid, variable concentrations of calcium chloride, and low pH. The influence of the three independent variables with the various calcium ions concentrations established in the 17 gels was also described It was observed that increases in pH with the same alginate and calcium chloride concentrations resulted in increased calcium ion concentrations. In every gel an instrumental profile texture evaluation was made using the texturometer TA-XT₂ and a cylindrical accessory P/55, for compression. This evaluation considered the attributes of hardness, springiness, gumminess, chewiness, cohesiveness and

adhesiveness, allowing one to compare the process conditions and minimize or maximize each of the attributes.

The correlations with the calcium ion concentrations, presented were also and one can observe higher correlations between hardness and gumminess (0.96 $p > 0.0001$), hardness and chewiness (0.93 $p > 0.0001$), and gumminess and chewiness (0.89 $p > 0.0001$). However, when the calcium ion was correlated with the attributes a low correlation was observed, the highest being relation to hardness (0.34) and gumminess (0.33). The sensory profile for texture and flavor was evaluated in the 7 gels, which showed the highest differentiation in the instrumental analysis, using the "Principal Component Analysis" (PCA). The samples selected were submitted to the methodology of " Quantitative Descriptive Analysis" (DQA) in which 12 judges generated 141 terms which were grouped into synonyms producing 11 attributes, 7 of which were used for texture and 4 for taste. The sensory attributes showing the greatest distinction amongst the samples in the PCA were hardness, springiness, chewiness, spreadability, loss of liquid, orange flavor, sweet flavor, sour and bitter residues. At low alginate concentrations, orange flavor and sweet properties were significantly higher. Chewiness and hardness as judged by manual and oral evaluations showed a negative correlation with the flavor attribute. At intermediate pH values, the sample formulated with higher concentrations of alginate and calcium chloride showed greater hardness in the oral evaluation. In order to predict the sensory attributes in relation to the parameters applied multiple regression analysis was effected. The instrumental parameters made it possible to satisfactorily predict the sensory attributes of spreadability, oral hardness, and loss of liquid in the gels. The equivalence values for the sweetening power of erythritol and the erythritol/aspartame mix were determined by the use of a magnitude estimative method. The values found were very close to those of sucrose sweetness in the concentrations, studied corresponding to 10% sucrose at concentrations of 0.85 and 1.14 respectively. Of the 7 gels selected for the sensory profile of texture and flavor using the PCA, the three which showed the greatest differences amongst themselves were selected to have their microstructure analyzed using an optical microscopy and transmission

electronic microscopy (ETM). At an optical microscopy magnification of times 1.000, the gels presented a homogeneous form, periodically clustering into areas of greater density. The same behavior was common to all three samples. However, the TEM magnification 17.000, 24.000, and 24.000 demonstrated that in all gels gelatinization occurred in a periodic form, with a tridimensional cluster of fine filaments.

1. INTRODUÇÃO

Sistemas gelificados constituem alternativas atraentes para a produção de alimentos de baixo valor calórico e baixo teor de sólidos, com diferentes perfis de textura.

Entre os agentes gelificantes, os polissacarídeos possuem propriedades funcionais, tais como espessantes, estabilizantes, emulsificantes e gelificantes (ASPINALL, 1987). Quando usados em alimentos processados, os polissacarídeos podem conferir, manter ou melhorar determinadas características físicas e sensoriais, tais como textura, palatabilidade, cor, sabor e aroma (WHISTLER, 1985).

Dentre os polissacarídeos que formam géis, os amidos, as pectinas, as carragenas, o agar e os alginatos são os mais comumente utilizados na indústria de alimentos (CARR *et al*, 1995).

Alginatos são polissacarídeos estruturais provenientes de algas marrons da família das *Phaeophyceae*, sendo uma das mais importantes propriedades desses polissacarídeos na indústria de alimentos, sua habilidade de formar géis termoresistentes e estáveis à temperatura ambiente.

Cátions divalentes, tais como o cálcio, são necessários à sua gelificação. À medida que o cálcio reage com o alginato, uma rede tridimensional é formada, levando à formação do gel (REES, 1969).

A reação entre o alginato de sódio e o íon cálcio pode ser controlada para variar a consistência do sistema, desde um gel fraco, até um gel termoresistente, não reversível e firme (OAKENFUL, 1987).

O estudo do sistema gel na área de alimentos vem cada dia mais adquirindo importância no que tange à sua formação e à sua aplicabilidade para conferir texturas variadas, tanto em produtos tradicionais, como para produzir alimentos com formato e características mais próximas dos produtos originais,

como é o caso dos reestruturados, imitando ou simulando a textura de determinados alimentos.

A alta termoestabilidade dos géis de alginato constitui uma apreciável propriedade para formular uma grande variedade de produtos gelificados, com características semelhantes às de frutas e hortaliças, e em produtos protéicos de origem animal (OAKENFUL,1987), que podem ser estabilizados por pasteurização, para uso em produtos lácteos, sorvetes ou produtos que sofram cocção (MOUQUET *et al*, 1992).

Mais recentemente, alginatos têm sido empregados para obter formulados funcionais que combinam ingredientes e nutrientes para prevenção ou para melhorar funções específicas, como fontes de fibras, ou carreadores de nutrientes como vitaminas (REIFEN *et al*, 1998).

O sistema gel também permite conferir textura em alimentos dietéticos onde a sacarose e a gordura são retirados, além de manter a cor, sabor e forma, obtendo-se produtos com propriedades de textura adequadas, tais como mastigabilidade e firmeza.

BELLARD *et al*. (1995), e FREITAS *et al*. (1999), verificaram que géis de alginato com suco de frutas são uma alternativa para frutas cristalizadas. Com um tempo de processo menor e baixo custo, é possível obter produtos com menor valor calórico, e melhor manutenção de cor e sabor natural das frutas

Nas últimas décadas, a substituição de sacarose por adoçantes de baixo teor calórico tem sido um dos principais instrumentos para o controle da obesidade e do diabetes mellitus (BLACKBURN *et al*, 1997), considerados como de crescimento epidêmico nos países desenvolvidos e em desenvolvimento pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1990).

Na elaboração de géis dietéticos, a substituição de açúcares por adoçantes alternativos de baixas calorias pode ser um fator significativo na qualidade do produto final. Conferir perfil de doçura semelhante ao da sacarose não se constitui no único desafio, já que os açúcares interferem em diversas

propriedades, como textura, brilho, translucidez, sinerese, percepção de acidez e sabor.

Nesses casos, os polióis têm merecido atenção especial, pois conferem corpo e textura da sacarose, menor valor calórico e vários benefícios para a saúde, como a segurança para uso em alimentos para diabéticos e prevenção de cáries dentárias (PSZCZOLA, 1999). Suas propriedades físicas e químicas, como baixa higroscopicidade e termoresistência, não produzindo escurecimento em produtos assados, têm propiciado grande aplicação prática em diversos tipos de alimentos. Dentre os polióis, o eritritol é o que apresenta melhor perfil de tolerância; face ao seu baixo peso molecular, é rapidamente (90% da dose ingerida) absorvido por difusão passiva no intestino delgado e excretado inalterado através dos rins em 24 horas, de tal forma que os efeitos colaterais laxativos freqüentemente correlacionados com os outros polióis não ocorrem. Seu valor calórico de 0,2 Kcal/g torna-o o poliol de menor valor calórico, cerca de 0,5% do valor calórico da sacarose (PSZCZOLA, 1999). O eritritol pode ser associado a outros adoçantes hipocalóricos, atendendo ao mercado de produtos dietéticos como balas, sobremesas geladas e ao desenvolvimento de novos produtos de baixo valor calórico.

O objetivo geral deste estudo foi avaliar o perfil instrumental de textura e o perfil sensorial de textura e sabor de géis de alginato de cálcio com baixo valor calórico, em função do efeito combinado das variáveis: concentração de alginato de sódio, concentração de cloreto de cálcio e diferentes faixas de pH.

Face às premissas até aqui expostas, o futuro desenvolvimento de produtos alimentícios à base de gel de alginato e eritritol, com baixos valores calóricos, ricos em fibras solúveis e propriedades nutracêuticas, tem no presente trabalho o suporte para indicar condições ótimas de processo e formulação. Tais produtos, com características sensoriais de textura e sabor ideais, poderão contribuir para a prevenção e controle de algumas das mais prevalentes doenças que vêm afetando a população em geral, tais como a obesidade e o diabetes *mellitus*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gel

Apesar de não existir uma definição precisa do chamado "estado gel", capaz de englobar todos os sistemas em que este fenômeno é observado, devido à complexidade da transição sol-gel (CALLISTER, 1990), o gel pode ser considerado como uma rede tridimensional contínua de moléculas ou partículas conectadas, contendo um grande volume de fase líquida (BEMILLER & WHISTLER, 1996).

Quando acontece a gelificação de um sistema, ocorrem drásticas mudanças em suas propriedades viscoelásticas. Abaixo do ponto de gelificação, onde o sistema se encontra no estado sol, o comportamento característico é de um líquido, e o sistema escoar. Acima do ponto de gelificação, não ocorre escoamento e a resposta viscoelástica do sistema é a de um sólido relativamente estático (JOANNY, 1989).

Assim, géis são sistemas que possuem forma intermediária entre um sólido e um líquido. As moléculas do polímero formadoras de gel podem ser ligadas através de pontes de hidrogênio, associação hidrofóbica, ligação iônica ou covalente (BEMILLER & WHISTLER, 1996), formando uma rede molecular ligada por zonas de junção imersas num meio aquoso.

O fator mais importante na gelificação é a formação de zonas de junção (associações cruzadas) entre as moléculas do polímero, que estabilizam a rede do gel (FLORY, 1953). A estrutura e a estabilidade dessas zonas de junção dependem da composição química e da geometria molecular do polímero formador do gel (OAKENFUL, 1984).

Os géis são divididos em dois grandes grupos de acordo com a natureza da ligação entre suas moléculas, tendo-se o grupo dos géis físicos e o

dos géis químicos. Os géis físicos são constituídos pelos sistemas poliméricos sintéticos, como por exemplo resinas alquidínicas e fenólicas. Nestes géis, a formação da rede tridimensional obtida pelas ligações cruzadas ocorre através de ligações covalentes, resultando em um gel irreversível, que sofre inchamento bastante pronunciado na presença de vários solventes sem que sua estrutura seja desfeita; por isso, vem sendo utilizado em diversos tipos de produtos como fraldas descartáveis e lentes de contato.

Os géis químicos apresentam-se de uma maneira geral reversíveis, nos quais a natureza das ligações cruzadas varia de um sistema para o outro, resultando em géis com estrutura e propriedade diversas (TANAKA, 1987; KUDELA, 1987).

Em alimentos, a matriz do gel é formada por moléculas de polissacarídeos ou proteínas ligadas por zonas de junção através de pontes de hidrogênio, associações hidrofóbicas, ligações iônicas ou covalentes (BEMILLER & WHISTLER, 1996). Em polissacarídeos como o alginato, a formação da rede tridimensional é obtida pela formação de pontes iônicas entre as diferentes cadeias do polímero (GAMINI *et al.*, 1990).

Entre os agentes gelificantes, os polissacarídeos, devido a suas características hidrofílicas bastante acentuadas, e por suas propriedades de aumentar a viscosidade quando dispersos em água mesmo a baixas concentrações, são também utilizados em alimentos como estabilizantes, emulsificantes e espessantes (GLICKSMAN, 1979).

Os polissacarídeos solúveis em água e os polissacarídeos modificados usados em alimentos e outras aplicações industriais como na indústria farmacêutica e de cosméticos, são conhecidos como gomas ou hidrocolóides (GLICKSMAN, 1979). Tais substâncias, com propriedades de espessar, estabilizar e gelificar determinados alimentos, podem atribuir, manter ou melhorar determinadas características físico-químicas do produto, como textura, consistência, palatabilidade, alteração de cor, sabor e aroma (WHISTLER, 1985).

As gomas são classificadas segundo sua fonte de origem e método de obtenção conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

TABELA 1 – Classificação das Gomas

GOMA INDUSTRIAL	FONTES	EXEMPLO
NATURAIS (Extração e/ou purificação)	Exsudados de plantas terrestres	Goma arábica, goma de alcatira, goma caraia ("Karaya")
	Gomas de sementes	Goma guar, goma da alfarroba ("locust bean gum", LBG), goma de tamarindo
	Extratos de plantas terrestres	Pectina
	Extratos de algas	Agar, carragena e alginatos
MODIFICADAS	Derivados da celulose	Carboximetilcelulose, metilcelulose, hidroximetilcelulose
	Amido e seus derivados	Hidroxielilamido, amilose, xantato de amilose, dextrina
	Extrato de origem animal	Derivados hidrossolúveis da Quitina
BIOSSINTÉTICAS	Gomas de origem microbiana	Dextrana, xantana e galactana

Fonte: WHISTLER, 1973; GLICKSMAN, 1979.

Dentre esses polissacarídeos, a gelatina, as pectinas, as carragenas, o agar, os amidos e os alginatos, são os mais utilizados para obtenção de géis na indústria de alimentos (OAKENFULL, 1987). Cabe ressaltar que para cada agente gelificante utilizado, o gel resultante apresentará propriedades específicas que devem ser exploradas de acordo com o produto final desejado. Como exemplo, podemos citar que os géis de alginato não se dissolvem na boca tão rapidamente quanto os de gelatina e os de pectina (CARR *et al.*, 1995), tornando-os mais adequados para produtos específicos como, será descrito mais adiante.

2.2 Alginato

Alginato é um termo genérico para os sais e derivados do ácido algínico. Foi descrito pela primeira vez pela British Chemist E.C.C. Standford como um componente de algas, em torno de 1880 (KING, 1983).

Alginatos são polímeros estruturais de alto peso molecular encontrados na parede celular e espaço intercelular de algas marrons *Phaeopyceae* (ONSØYEN, 1997), sendo as espécies mais utilizadas para a sua produção comercial as *Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea* e *Laminaria digitata* (KING, 1983; MORRIS, 1986; DZIEZAK, 1991).

Também podem ser encontrados como mucilagem extracelular secretadas por certas espécies de bactérias tais como *Azotobacter vinelandi* e *Pseudomonas aeruginosa* (PERCIVAL & MACDOWELL 1967), pouco efetiva como agente gelificante devido a seu processo de obtenção (WEDLOCK e FASIHUDDIN, 1990).

O ácido algínico é o principal componente da parede celular das algas marrons, localizado na lâmina média e na parede primária; seu conteúdo pode variar entre 14 a 40% do peso seco dependendo da espécie, do local, e da época de extração (KREGER, 1962; PERCIVAL & MCDOWELL, 1967), sendo extraído e purificado pelo uso de alcali diluído (LITTLECOTT, 1982).

O ácido algínico possui solubilidade limitada, podendo ser transformado em uma grande variedade de alginatos comerciais pela incorporação de diferentes sais como cálcio, potássio, magnésio e sódio, sendo esta a forma mais utilizada (ONSØYEN, 1997), tomando-se altamente hidrofílicos. Os alginatos são solúveis tanto em água fria como em água quente, mais estáveis e conferindo grande viscosidade às soluções (GLICKSMAN, 1969).

Outros derivados de ácido algínico podem ser preparados com sais de bases orgânicas como o ácido algínico acetil, ácido algínico sulfato, ésteres metílicos, glicol e ácido algínico amidado (PERCIVAL & MCDOWELL, 1967).

2.2.1 Composição Química

Os alginatos são polímeros lineares de alto peso molecular, variando na faixa de 20.000 a 600.000 Da. O ácido algínico é um ácido poliurônico constituído por monômeros de ácidos η - D-Manurônico e η - L- Gulurônico, ligados por ligações glicosídicas (1,4) (ONSØYEN, 1997), conforme Fig. 1.

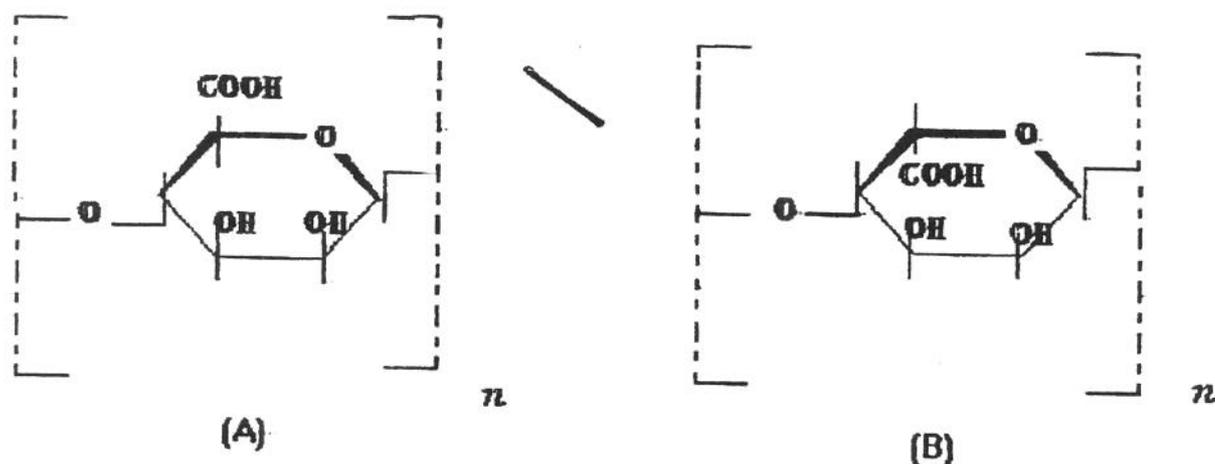


FIGURA 1 – Estrutura química dos monômeros constituintes do ácido algínico.

A: ácido D-manurônico; B: ácido L-gulurônico

Estudos revelam que esses dois monômeros não se distribuem ao acaso, mas ocorrem em blocos na forma homogênea de ácidos manurônicos (blocos M) M-M-M-M, blocos homogêneos de ácidos gulurônicos (blocos G) G-G-G-G e blocos alternados desses dois ácidos M-G-M-G (COTRELL & KOVACS, 1980). Existe uma relação entre a quantidade e a distribuição desses monômeros, que vai depender do tipo da alga, das condições de crescimento, idade e tipo de tecido do qual o material foi extraído (OAKENFULL, 1987).

Estudos sugerem a presença de 20 resíduos de ácido poly- η -L-gulurônico na formação do bloco G (KOHN, 1975; MORRIS *et al.*, 1973; KOHN & STICZAY, 1977).

A rigidez da cadeia polimérica vai depender dos tipos de blocos existentes na cadeia, encontrando-se um polímero mais rígido e firme nas regiões de blocos G, mais flexível, em forma de fita e mais fracos nas regiões de blocos M, e de rigidez intermediária nas regiões de blocos MG (SMIDSRØD, 1972; LITTLECOTT, 1982).

Um dos fatores mais significativos que interferem na aplicação alimentar do alginato é a reatividade ao íon cálcio dos diferentes alginatos, o que determina a sua capacidade gel formadora; tal reatividade é consequência da geometria molecular da seqüência dos monômeros alternados no polímero, sendo sua capacidade gel formadora determinada pelo perfil e a distribuição dos blocos G e M, e também em alguma extensão pelo comportamento do polímero ou seu peso molecular.

Alginatos com alta proporção de blocos G e blocos G longos apresentam maior reatividade ao cálcio e conseqüentemente maior potencial para produzir gel. Géis com alto conteúdo de blocos G apresentam-se firmes, transparentes e pouco elásticos, enquanto géis com maior número de blocos M são mais elásticos (SMIDSRØD, 1972).

2.2.2 Propriedades

2.2.2.1 Viscosidade:

A viscosidade das soluções que contêm alginatos depende da temperatura, concentração, peso molecular e da presença de cátions metálicos polivalentes. Os alginatos comerciais podem ter uma viscosidade de 10 cp a 1%

até 2.000 cp com a mesma concentração. Esta propriedade não é afetada por pH entre 4 e 9. A pH inferior a 4, a viscosidade aumenta e acima de pH 10 a solução se torna instável (GLICKMAN, 1969; KLOSE & GLICKSMAN, 1975).

Assim como outros polímeros, a viscosidade das soluções com alginatos diminui com o aumento da temperatura. Este decréscimo é reversível, contanto que a temperatura não seja muito alta e mantida por longos períodos, o que pode causar despolimerização da molécula. Também podem ser despolimerizados por radicais livres formados por auto-oxidação, por componentes redutores como fenóis, ácido ascórbico e alguns íons metálicos (HAUG, 1964; SMIDSRØD, 1972).

As características de deformação e escoamento de soluções de alginato dependem de sua concentração. A 2,5%, apresenta-se como pseudoplástica, especialmente a altas taxas de cisalhamento, enquanto que acima de 0,5% a solução é newtoniana a baixas taxas de cisalhamento e pseudoplástica somente a altas taxas de cisalhamento.

Uma solução aquosa de alginato tem características pseudoplásticas, como consequência da densidade e da extensão da molécula de alginato na solução. À medida que é mantida sob condição de baixa taxa de cisalhamento, as diferentes moléculas de alginato vão se distribuir mais randomicamente. Ao aumentar a taxa de cisalhamento, as moléculas vão começar a se alinhar de uma forma mais paralela, oferecendo menor resistência ao fluxo e proporcionando uma viscosidade aparente mais baixa (KING, 1983).

Para aumentar a viscosidade a baixas concentrações de alginato, uma pequena quantidade de sais de cálcio levemente solúvel como sulfato de cálcio, tartarato ou citrato pode ser adicionada.

2.2.2.2 Viscosidade intrínseca e massa molecular média

É importante a caracterização do alginato para estimar seu peso molecular pós-extração, uma vez que diversos fatores como fonte e espécie da alga de que foi extraído exercem influência significativa. O método de extração, composição química, composição do solvente e condições hidrodinâmicas dentre outras, também influem em tal avaliação (WEDLOCK, 1990).

De todas as propriedades de soluções de polímeros que são determinadas pelo tamanho molecular, a viscosidade é aquela que pode ser medida mais precisamente, podendo-se caracterizar macromoléculas por meio de sua viscosidade intrínseca.

A viscosidade intrínseca é uma característica das macromoléculas que está diretamente relacionada à sua habilidade de fluir e indiretamente ao seu tamanho e forma. Sua determinação está relacionada ao volume hidrodinâmico da macromolécula numa diluição infinita, ou seja, o espaço que uma macromolécula ocuparia interagindo somente com o solvente (LAUNAY *et al.*, 1996).

As medidas viscosimétricas de importância são a viscosidade específica e a viscosidade intrínseca. Devido ao comportamento não ideal das soluções poliméricas, a viscosidade intrínseca é dependente da concentração; assim seu valor numa diluição infinita é obtido a partir da extrapolação do gráfico de viscosidade específica versus a concentração.

Para moléculas onde existe uma grande variedade de pesos moleculares, a relação entre viscosidade intrínseca $[\eta]$ e Massa Molecular (M), é uma das mais importantes propriedades.

A viscosidade intrínseca dos alginatos é bem variável de acordo com a fonte e o processo de extração. Na Tabela 2 pode-se observar a viscosidade intrínseca de alguns tipos de alginatos extraídos de diferentes espécies de algas, segundo SMIDSROD & HAUG (1962).

TABELA 2 – Viscosidade intrínseca de alguns alginatos comerciais e alguns obtidos em laboratório.

<i>Laminaria digitata</i> , Munkaumet, 14/2-61*	$[\eta] = 4.2$
<i>Laminaria digitata</i> , Noraltex MV	$[\eta] = 7.9$
<i>Ascophyllum nodosum</i> , Manucol SH/Lm	$[\eta] = 9.6$
<i>Ascophyllum nodosum</i> , 17/3-57, Leangem	$[\eta] = 12.5$
<i>Laminaria hyperborea</i> , fronnds, 20/8, Munklolmen	$[\eta] = 19.0$
<i>Laminaria hyperborea</i> , stipes Hustad, 12/2-59	$[\eta] = 16.35$
<i>Macrocystis pyrifera</i> , Kelco SS	$[\eta] = 10.0$

A massa molecular média (M) é calculada a partir do valor da viscosidade intrínseca $[\eta]$ do polímero, pela equação

$$[\eta] = K M^a$$

Tanto o expoente *a* como a constante *K* são dependentes da natureza da molécula, do solvente e da temperatura (TANFORD, 1961).

2.2.2.3 Compatibilidade com outros compostos

Alginatos de sódio são compatíveis com um grande número de compostos utilizados em alimentos como amidos, dextrinas, sacarose, pectinas, proteínas como caseína, e polióis (MACDOWELL, 1973). São também parcialmente compatíveis com etanol e sais como sulfato de sódio, cloreto de sódio e incompatíveis com ácidos fortes que reduzem o pH abaixo de 3,5 (MCDOWELL, 1973).

O alginato de sódio possui pouca interação com outros hidrocolóides, porém existe um sinergismo entre pectina de alto grau de metoxilação e alginatos

de sódio ricos em ácido gulurônico, podendo ter boa aplicação comercial devido à formação de gel a baixas concentrações de sólidos e numa ampla faixa de pH. Frutas naturalmente ricas em pectinas como maçãs formam géis quando uma solução de alginato de sódio é adicionada ao cozimento. Géis rígidos são formados com adição de pectina de alto grau de metoxilação e alginato de sódio rico em ácido gulurônico, e géis macios quando ricos em ácido manurônico (ONSOYEN, 1997).

2.2.2.4 Mecanismo de formação do gel

Uma das mais importantes propriedades do alginato, responsável pela sua aplicação na indústria de alimentos, é a sua habilidade de formar géis termoresistentes e estáveis à temperatura ambiente, na presença de cátions divalentes, especialmente íons cálcio (IMERSON, 1990).

Do ponto de vista químico, a formação de um gel de alginato deve ser considerada como um processo de troca de íons, quando o sódio do alginato e o cátion de um outro sal são trocados.

Alginatos formam gel na presença de íons cálcio pela formação de zonas de junção, obtendo-se uma rede tridimensional. Os blocos G apresentam uma conformação mais suscetível ao cálcio (OAKENFULL, 1987). A capacidade formadora do gel, bem como a força resultante é dependente da quantidade desses blocos e da extensão da cadeia, sendo assim, alto conteúdo e grande extensão de blocos G, proporcionam melhor reação do alginato com o cálcio e melhor potencial de formação de gel (ONSOYEN, 1997).

A reação entre o alginato de sódio e os íons cálcio pode ser controlada para variar a consistência do sistema desde um produto espesso através de um gel tixotrópico até um gel termoresistente não reversível, firme e estável à temperatura ambiente (LITTLECOTT, 1982).

Para reagir com o cálcio, o alginato tem que possuir certa proporção de ácido gulurônico e os monômeros precisam ocorrer em série. As seqüências de ácido poligulurônico são ligadas a seqüências similares em outras moléculas de alginato através do cálcio.

O modelo "caixa de ovo" foi proposto por GRANT *et al.* (1973) para esta interação. As regiões de blocos G são alinhadas lado a lado levando à formação de cavidades com dimensões adequadas para as ligações cooperativas com o íon cálcio, que se encaixam entre as duas cadeias de poly-L-gulurônico numa disposição semelhante a ovos numa "caixa de ovos" (Fig. 2). Pode-se visualizar as zonas de junção como uma "cola" de cruzamento molecular ligando os polímeros de alginato, obtendo-se a gelificação por uma rede tridimensional (OAKENFULL, 1987).

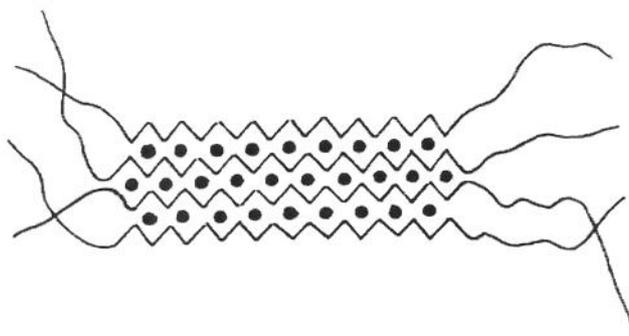


FIGURA 2 - Modelo "caixa de ovo" para gelificação do alginato

Em um gel de alginato, existe uma parte em estado sólido e uma em estado de solução, onde as zonas de junção representam o estado sólido. Após a gelificação, as moléculas de água são fisicamente aprisionadas pela matriz do alginato, mas ainda estão livres para migrar, o que pode levar a várias conseqüências e aplicações.

2.2.2.4.1 Técnicas de formação do gel

Segundo ONSØYEN (1997) os principais métodos para produção de géis são:

- Gelificação por difusão a pH neutro.

Neste sistema a mistura contendo alginato é gelificada ao ser mergulhada ou pulverizada por spray com uma solução de cálcio. O cloreto de cálcio é o mais freqüentemente utilizado. Os íons cálcio difundem na mistura contendo alginato de sódio, formando um gel de alginato de cálcio. O processo de difusão pode ser acelerado pelo aumento da concentração de cálcio no banho ou spray ou pelo uso de um alginato fortemente reativo ao cálcio, com alta proporção de blocos G. Este processo é particularmente favorável para produtos formulados, tais como reestruturados de frutas e vegetais, anéis de cebola, tiras de pimentões e revestimentos para superfícies de produtos (GLICKSMAN, 1987).

- Gelificação por difusão a pH ácido.

Neste sistema, uma solução de cálcio que é insolúvel em pH neutro é misturada com alginato. À medida que um ácido entra em contato com a superfície da massa o sal de cálcio é solubilizado e então reage com o alginato, iniciando o processo de gelificação.

- Gelificação interna a pH ácido ou neutro.

Neste processo o cálcio é liberado no produto sob condições controladas. O processo emprega a combinação de alginato com uma solução de cálcio pouco solúvel e um seqüestrante de cálcio adequado, tal como fosfato ou citrato. O seqüestrante é necessário para bloquear o cálcio livre e prevenir a pré-gelificação do alginato, durante o tempo em que o produto está sendo misturado e enquanto é moldado na forma desejada. Quanto menor for o tempo de mistura menor será o nível de seqüestrante necessário. O processo pode ser obtido em pH neutro ou ácido, observando-se para que a adição de um acidulante não acelere a solubilidade do sal de cálcio.

– Gelificação combinada

Os sistemas internos podem ser combinados, assim formando rapidamente uma camada externa gelificada antes que o produto fique pronto através da liberação lenta de cálcio como em produtos para ração animal.

– Gelificação por resfriamento

Neste processo o alginato é dissolvido em água, juntamente com uma baixa concentração de sal de cálcio e a mistura contendo o seqüestrante mantida aquecida. A temperatura alta previne a gelificação porque as cadeias de alginato estão em movimento térmico, o que dificulta a associação das cadeias. O sistema irá iniciar-se quando a solução for refrigerada, resultando em um gel de alginato de cálcio termoestável. As formulações devem ser preparadas cuidadosamente, podendo-se produzir sistemas na faixa de 0 a 50° C. Este processo é limitado para texturas macias.

2.2.3 Aspectos Fisiológicos, Nutricionais e Toxicológicos

O consumo de algas e seus produtos tem aumentado na Europa e especialmente na França, onde onze macroalgas foram autorizadas para o consumo humano, estando incluídas entre estas algumas das quais se extrai o alginato (KAEFFER *et al.*, 1997).

A alta concentração de polissacarídeos na parede celular das algas contribui para seu maior conteúdo de fibra dietética, 35-40% do peso seco da alga (LAHAYEM & KAEFFER *et al.*, 1997; SUZUKI *et al.*, 1996). Essas algas (vermelhas, verdes e marrons) também são ricas em oligoelementos, minerais e vitaminas.

O papel dos polissacarídeos não amiláceos no intestino delgado é essencialmente físico, atuando como uma barreira na liberação de nutrientes e

assim diminuindo sua absorção, especialmente do controle no metabolismo da glicose e insulina.

O aumento do consumo diário de alimentos que contenham fibras dietéticas tem sido recomendado para diabéticos e para a população em geral, não apenas pelo efeito sobre a saciedade como também para a prevenção da constipação intestinal, e do câncer do cólon, além de auxiliar no controle da absorção de lipídeos (Ministério da Saúde/2000).

Alguns trabalhos têm sugerido que o esvaziamento gástrico de carboidratos pode ser diminuído com fibras solúveis, condicionando uma dependente saciedade antes das refeições ou ao final delas (BURLEY *et al.* 1987; LEVEILLE, 1975). Os polissacarídeos sulfatados e os poliurônicos de algas influenciam o funcionamento da mucosa digestiva. As relações entre a estrutura química de algas e suas propriedades biológicas têm sido estudadas em três tipos de fibras (alginatos, carragenas e ulvanas).

A fermentação das fibras solúveis de algas pelas bactérias intestinais humanas foi recentemente revista por MICHEL & MCFARLANE (1996). São reconhecidos significativos efeitos fisiológicos de tais fibras na dieta, com uma importante função intestinal, como a renovação da flora colônica, enriquecendo a população bacteriana.

Trabalhos adicionais demonstram a influência das fibras solúveis de algas no peso das fezes frescas e alteração do trânsito intestinal no homem, de acordo com suas propriedades físico-químicas e sua fermentabilidade (BENTONIMOU *et al.*, 1996).

Estudos experimentais têm sido feito em porcos, demonstrando ser este um importante modelo animal para estudar a interação entre as fibras dietéticas de algas e a fisiologia do trato gastrointestinal. Tais estudos demonstraram uma significativa diminuição nos índices insulínicos e glicêmicos com a incorporação de alginato a refeições comuns desses animais (VAUGELAD *et al.*, 1996).

A fermentabilidade dessas fibras solúveis de algas também foi avaliada “*in vitro*”, analisando-se fezes humanas. As fibras testadas foram divididas em três grupos: fibras fortemente fermentáveis (xilanas de *Palmaria palmata*), que são degradadas a ácidos graxos voláteis muito rapidamente; fibras degradadas e parcialmente metabolizadas (alginatos) que são bem degradadas, (em torno de 83%), com uma pequena quantidade de ácidos graxos voláteis produzidos e; o terceiro grupo das carragenas e ulvanas, que não são degradadas, possivelmente devido à complexidade de sua estrutura química (LAHAYEM & KAEFFER, 1997b).

A composição bioquímica das fibras dietéticas de algas, bem como a natureza de seus nutrientes e fatores antinutricionais, vem despertando interesse crescente para sua utilização em suplementos alimentares (BOBIN-DUBIGEON *et al.*, 1997c).

Estudos nutricionais com algas ou de suas frações no intestino delgado utilizaram parâmetros funcionais como o tempo de trânsito oral-fecal, secreção digestiva, absorção de glicose, resposta insulínica e metabolismo de colesterol (BOBIN-DUBIGEON *et al.*, 1997a), comprovando-se aumento do tempo de trânsito digestivo, redução da absorção da glicose, colesterol e da resposta insulínica.

Segundo DEFELICE (1995), o conhecimento das propriedades estruturais e biológicas das fibras alimentares permite propor recomendações dietéticas precisas e o desenvolvimento de novos ingredientes alimentares, além de alimentos nutracêuticos ou pró e pré-bióticos.

Dados obtidos em estudos toxicológicos de longa duração em ratos, porcos e cachorros, assim como de digestibilidade e absorção em três gerações de camundongos, tem indicado ser o alginato muito pouco absorvido e que seu consumo não causa efeitos prejudiciais à saúde.

O alginato de sódio está incluído na lista de estabilizantes e é reconhecido como seguro –21 CFR 121.101 (Code Federal Regulation - FDA), podendo ser usado sem quantidade limitada de acordo com as boas normas de fabricação de alimentos.

Permitido como aditivo pela legislação de vários países, assim como no Brasil, a avaliação nutricional e toxicológica do alginato foi intensamente revista na França pelo Comitê CNERNA-1986. Muitos trabalhos têm sido realizados sobre os efeitos nutricionais de algas ou de suas frações no intestino delgado medidos por parâmetros funcionais (BOBIN-DUBIGEON *et al.*, 1997a).

O alginato de sódio foi aprovado para uso como aditivo alimentar no Brasil, sendo sua Ingesta Diária Aceitável (IDA) estabelecida de 0 a 50 mg/Kg (WALKER, 1982).

2.2.4 Aplicação na Indústria de Alimentos

As aplicações do alginato na indústria de alimentos são baseadas em uma ou mais de suas várias propriedades como espessantes, estabilizantes, formadores de filmes ou gelificantes:

Como estabilizante, vem sendo utilizado desde 1955 na produção de sorvetes, regulando a formação de cristais de gelo e assegurando uma textura macia, sendo mais utilizado o alginato de propileno glicol por ser mais solúvel no leite; também em queijos cremosos, coalhadas, leites achocolatados e em produtos de confeitaria, como por exemplo em merengues para evitar sinerese (EDLIN, 1969; ELLIS, 1967); em bebidas de frutas não carbonatadas, espuma de cervejas e como estabilizante e emulsificante em molhos para saladas evitando a quebra da emulsão, tanto à temperatura de refrigeração como a altas temperaturas.

Como formadores de filme em pescados e produtos cárneos que serão congelados rapidamente, formando um revestimento forte e estável, evitando a introdução de microrganismos e o ar, prevenindo, assim, a contaminação e o desenvolvimento de rancidez (EARLE, 1968).

Como agente gelificante em cremes de tortas, devido à sua estabilidade a temperaturas sob refrigeração e à temperatura ambiente (GLICKSMAN, 1962), em pudins, pela adição de leite frio ou quente, obtendo-se produtos com consistência cremosa e corpo natural.

Como espessante em bebidas dietéticas com baixo teor de açúcar, fornecendo características de corpo, e em alimentos enlatados contendo molhos e caldos de carne, para reduzir o tempo de processamento térmico em substituição ao amido, isto é, baseado na liberação demorada do cálcio, permitindo uma rápida liberação de calor, ocorrendo a reação do cálcio com o alginato com a diminuição da temperatura, dando consistência final ao produto (GLICKSMAN, 1979).

Em biotecnologia, para imobilização e encapsulamento de microrganismos tanto para desenvolvimento de produtos alimentares, como para imobilização de células de fermentos para produção de cerveja e etanol e de esporos de microrganismos para o controle de processos por HTST (high temperature-short time) (OCIO *et al.*, 1997).

Uma das mais importantes utilizações do alginato, baseada em suas propriedades de reagir com o cálcio, é a possibilidade da criação de alimentos não convencionais, também chamados alimentos reestruturados ou análogos de alimentos, que pode ser obtida pela combinação de componentes básicos, tais como proteínas, carboidratos, lipídeos e micronutrientes a sistemas gelificados, de grande importância para a produção de alimentos fabricados ou estruturados (TOLSTOGUZOV, 1983).

A reatividade do alginato de sódio pode ser aproveitada para formular uma grande variedade de produtos duros e gelificados, por conferir uma textura característica ao alimento estruturado ou simulado, como frutas, hortaliças, carnes e pescados, facilitando o armazenamento e transporte, além de proporcionar ao consumidor vantagens, tanto no aspecto de disponibilidade do alimento como na obtenção de produtos de conveniência.

Alginatos podem ser utilizados no preparo de simulados de frutas e hortaliças (SZCZESNIAK, 1968) utilizando-se a metodologia de diálise com sais de

cálcio ou magnésio dentro de uma solução de alginato de sódio; na interface, é produzido um filme fino que serve como uma membrana de diálise para promover um controle e permitir a reatividade do cálcio, levando a uma formação uniforme e gradual do gel, simulando uma qualidade de textura de frutas e hortaliças.

Dentre tais imitações, tem-se anéis de cebola, cerejas, análogos de carnes e caviar (GLICKSMAN, 1987), pimentões em tiras para recheios de azeitonas, anéis de lulas e carnes em cubos para ração animal (ONSØYEN, 1997); reestruturados de frutas utilizando polpa e suco de frutas (KALETUNK *et al.*, 1990); MOUQUET *et al.* (1992), texturizados de purê de batata doce (TRUONG *et al.*, 1995), gel reestruturado de suco de maracujá (BELLARD, 1995), em texturizados de suco misto de laranja e cenoura de valor energético reduzido (FREITAS *et al.*, 1995) e géis de framboesa com baixos teores de açúcares (DAMASIO *et al.*, 1999).

O ácido algínico e o alginato de sódio estão incluídos na lista de estabilizantes reconhecidos como seguros e permitidos pela Legislação Brasileira, não tendo uma IDA (Ingesta Diária Aceitável) pré-estabelecida, estando sua utilização pela indústria de alimentos de acordo com a quantidade suficiente por produto (q.s.p.).

2.3 Produtos de valor calórico reduzido

As tendências de transição nutricional ocorridas no século XX apontam para hábitos alimentares cada vez menos saudáveis (maior consumo de açúcares, lipídios e redução de fibras alimentares), associados à diminuição progressiva dos níveis de atividade física na população (FRANCISCHI *et al.*, 1999).

A Organização Mundial de Saúde prevê para as primeiras décadas do século XXI uma verdadeira epidemia de obesidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (POPKIN, 1998). Como consequência, associado ao

progressivo envelhecimento da população em tais países, vem ocorrendo um progressivo crescimento da prevalência de doenças associadas à obesidade, tais como o diabetes Tipo 2 e a hipertensão arterial, dois dos principais fatores de risco para as doenças cardiovasculares, as maiores responsáveis pela mortalidade na população em geral (BLUMENKRANTZ, 1997).

O National Institute of Health (1994) aponta que 35% das mulheres e 31% dos homens com mais de 20 anos de idade e cerca de 20% de crianças e adolescentes são obesos nos Estados Unidos, e esta prevalência tem crescido, sendo a obesidade atualmente considerada uma epidemia mundial, presente tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento (POPKIN & DOAK, 1998). Por outro lado na Austrália, 64% da população consome regularmente alimentos de baixas calorias isentos de açúcar.

Segundo o Ministério da Saúde, de 1976 a 1991 o número de homens obesos cresceu em 30% e o de mulheres em 43%, no Brasil.

Tal quadro epidemiológico tem levado a uma crescente necessidade de projetos de reeducação alimentar, e tem sido crescente a pesquisa por produtos que possam substituir gorduras ou açúcares, desempenhando função equivalente em termos funcionais e sensoriais.

O crescimento do mercado de produtos ou alimentos para fins especiais com calorias reduzidas ocorreu a partir da década de oitenta, devido principalmente a razões mundiais da saúde em geral, mais do que de dieta para fins estéticos (BYRNE, 1993). Pesquisas conduzidas pelo Calorie Control Council (1994) revelam a grande expansão do mercado consumidor de alimentos e bebidas com teor de gorduras, açúcares e/ou calorias reduzidas.

Na América do Sul, tem crescido o interesse por produtos de baixas calorias, predominando aqueles com isenção ou redução de açúcares, levando a um grande desenvolvimento de produtos *diet* e *light* (MARSHALL, 1995).

O termo *diet*, ou dietético, de acordo com a legislação brasileira em vigor é destinado àqueles produtos, especialmente formulados e/ou produzidos de

forma que sua composição atenda a necessidades dietoterápicas específicas de pessoas com exigências físicas, metabólicas, fisiológicas e/ou patológicas, incluindo: (1) alimentos para dietas com restrição de açúcares (mono e dissacarídeos); (2) restrição de sódio; (3) restrição de gorduras; (4) restrição de colesterol; (5) restrição de aminoácidos ou proteínas; (6) dietas para controle de peso; (7) para dietas administradas por sondas (Portaria n.º 8/89 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde).

O termo *light*, *lite* ou livre pode ser utilizado quando for cumprido o atributo baixo, que no caso de valor energético é de no máximo 40 Kcal/100g de sólidos ou no máximo de 20 Kcal/100 ml de líquido (Portaria n.º 27 de 13 de janeiro de 1998 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, Brasil).

Pode-se considerar como alimento ou produto que não contem valor energético aqueles com um máximo de 4 Kcal/100 g de sólido ou por 100 ml de líquido de acordo com a mesma portaria citada acima.

As definições para os termos edulcorante e adoçante podem ser explicitadas por alguns autores e através de Decretos e Resoluções tanto da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, como do MERCOSUL.

A utilização de adoçantes é permitida no Brasil desde 1965, através do decreto no 55.871 de 26/03/1965 para a utilização de edulcorantes como sacarina e ciclamato em produtos dietéticos, através da portaria 01 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária/ Ministério da Saúde (SVS/MS) de 07/01/88 – 51 370 637.

A substituição da sacarose por edulcorantes ou adoçantes vem a cada dia sendo mais freqüente devido principalmente aos fatores citados, como o crescente aumento na demanda de produtos de menor valor energético.

O Decreto no 55.871 de 20/03/1995 definiu edulcorante como sendo a "substância orgânica artificial não glicídica, capaz de conferir sabor doce aos alimentos".

A resolução MERCOSUL/GMS no 83/93 definiu edulcorante como as "substâncias diferentes dos açúcares que conferem sabor doce ao alimento",

resolução esta mantida na última portaria (Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997).

ANGELUCCI (1993) propôs a definição para adoçantes: “compostos de sabor doce como os açúcares, os derivados de açúcares e os polióis, quase sempre energéticos tendo a sacarose como membro principal, cujo poder edulcorante é unitário”.

A Portaria nº 25 do Serviço Nacional da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde de 04/04/1988 determinou que os produtos à base de edulcorantes com e sem adição de açúcar passassem à denominação de adoçantes dietéticos, seja sob a forma sólida ou em solução. Dentre esses, pode-se citar os polióis como adoçantes e o aspartame como edulcorante, como freqüentemente utilizados pela indústria de alimentos.

2.3.1 Polióis

Os polióis, álcoois polihídricos ou açúcares álcoois diferem dos outros sacarídeos pela redução das funções cetona ou aldeído. Podem ser monossacarídeos (sorbitol, manitol, xilitol, eritritol), dissacarídeos (maltitol, lactitol, isomalte) ou mistura de sacarídeos e polissacarídeos hidrogenados, como o xarope de glicose hidrogenado (ANGELUCCI, 1993; BILLAUX, 1991).

Devido à conversão do grupo carbonílico de açúcares em álcool e com conseqüente transformação da estrutura cíclica em linear, os polióis possuem maior resistência à cristalização, maior estabilidade química, maior afinidade pela água, menor susceptibilidade à fermentação e maior resistência ao escurecimento.

Os polióis conferem corpo e textura semelhantes ao da sacarose, com menor valor calórico, oferecendo varias funções interessantes e benéficas para a saúde; são utilizados para conferir “corpo” aos alimentos e possuem menor valor calórico (2,4Kcal/g) quando comparados à sacarose (4,0Kcal/g); são menos doces

do que a sacarose, onde se considera doçura = 1; com exceção do xilitol que tem doçura relativa igual a 1; apresentando os demais valores de doçura quando comparados a sacarose: sorbitol = 0,6, manitol = 0,5, eritritol = 0,68, maltitol = 0,85, lactitol = 0,35 e isomalte = 0,4 (BILLAUX, 1991; CERESTAR, 1993).

O sorbitol, xilitol, maltitol e lactitol têm solubilidade próxima à da sacarose, e valores calóricos reduzidos quando comparado ao da sacarose: Sorbitol 2,6 Kcal/g, manitol 1,6 Kcal/g, xilitol 2,4 Kcal /g, eritritol 0,2 Kcal/g, lactitol, isomalte e maltitol 3,0 Kcal/g (PSZCZOLA, 1999).

A Food and Drug Administration (FDA) recentemente aprovou uma propaganda que confere aos polióis propriedades de redutor ou não produtor de cárie dentária (PSZCZOLA, 1999).

Os polióis são agentes redutores de atividade de água, influenciando assim no tempo de conservação do produto. São mais estáveis na presença de ácidos, bases e ao calor do que a sacarose e atuam também como emulsificantes, estabilizantes, umectantes, crioprotetores e redutores do ponto de congelamento. OLINGER (1994) estudou a aplicação de polióis em chocolates, biscoitos, pães, bebidas não alcoólicas, sorvetes, confeitos, geléias, produtos lácteos e produtos farmacêuticos.

Os polióis são metabolizados como carboidratos, absorvidos independentemente da insulina, por absorção passiva, sem a elevação da taxa de glicose sangüínea e da insulina que ocorre com a maioria dos carboidratos e a sacarose. O intestino humano possui habilidade limitada de utilização dos polióis, sendo abaixo de 50% a 70% de dose ingerida biodisponibilizadas, e fermentados pela microflora no cólon gerando ácidos graxos voláteis. Esta fermentação contribui com a menor parcela do valor calórico, que é em torno de 2 Kcal/g (BAER, 1991).

Os polióis também têm sido empregados em misturas com edulcorantes, para ajustar a doçura, quando há necessidade de restrição de açúcar.

2.3.1.1 Eritritol

O eritritol foi reportado pela primeira vez em 1874 por HOFFMANN (citado por SASAKI, 1988). É um álcool polihídrico com 4 átomos de carbono (Fig. 3). Pode ser produzido a partir do amido por processos biotecnológicos, combinação enzimática e processos fermentativos. É o único poliálcool produzido por fermentação, onde 70% da produção desse álcool utiliza a sacarose. Além de fluir facilmente por suas características não higroscópicas, como outros polióis, também protege os dentes e é seguro para diabéticos, entretanto é diferente de seus similares por seu menor valor calórico e por não ter efeito laxativo.

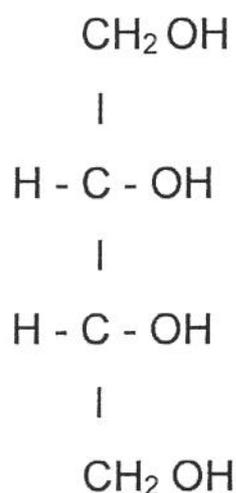


FIGURA 3 - Estrutura do Eritritol

Fonte: SASAKI, 1988.

O eritritol é um adoçante moderado, agente de corpo e com sabor refrescante. Ocorre amplamente distribuído na natureza e está presente na alimentação do homem desde os tempos antigos, ocorrendo naturalmente em diversos alimentos, como pode ser observado na Tabela 3.

TABELA 3 – Distribuição de eritritol na natureza

FONTE	QUANTIDADE
Líquens	3-50 mg/g
Cogumelos	20-40 mg/g
Melão	0,022-0,047 mg/g
Pêra	0- 0,040 mg/g
Uva	0- 0,042 mg/g
Vinho	170-300 mg/g
Saquê	150-180 mg/g
Molho de soja	910 mg/g
Esperma bovino	69mg/g
Soro humano	0,045 mg/g
Urina humana	1,6-3,3 mg/g

Fonte: ODA *et al.*, 1993.

2.3.1.1.1 Propriedades

O eritritol é um adoçante de baixa caloria com poder adoçante de 60-80% da sacarose (GOOSSENS & ROOPER, 1994; SUGITA & YAMAZAKI, 1998). Seu poder edulcorante, quando comparado a uma solução de sacarose a 10% é de aproximadamente 70 a 80% em relação a outros polióis, sendo maior do que o do sorbitol e semelhante ao do maltitol (ODA, 1993). Através de estudos comparativos de sabor residual, o eritritol apresentou sabor doce residual de baixa intensidade quando comparado com estévia, sacarina e aspartame. Desta maneira, a combinação do eritritol com adoçantes de elevado sabor residual pode resultar num adoçante composto de elevado poder edulcorante e efeito residual doce de ótima intensidade (ODA *et al.*, 1993).

O eritritol é um adoçante de baixa higroscopicidade quando comparado à sacarose e aos polióis sorbitol e maltitol (ODA *et al.*, 1993).

Devido à ausência de grupos carbonil livres, o eritritol, assim como outros polióis, não sofre reação de Maillard, característica de produtos assados. Segundo ODA *et al.* (1993) a decomposição do eritritol após o aquecimento a 200° C durante 1 hora é mínima, por isso sua termoresistência é considerada alta quando comparada à de outros adoçantes.

2.3.1.1.2 Aspectos fisiológicos

O eritritol é benéfico para a saúde tal como outros polióis, entretanto sua maior importância ou vantagem nutricional é seu baixo valor calórico e boa tolerância. É o poliol com mais alta taxa de excreção urinária, indicando mais uma ação de seu metabolismo peculiar.

É seguro para diabéticos e não cariogênico (GOOSSENS, 1994). Por seu baixo peso molecular e rápida absorção no intestino delgado, com subsequente excreção na urina. Por essa razão a fermentação do eritritol no cólon é mínima, não resultando em nenhum desconforto gastrointestinal (GOOSSENS & ROPER, 1994).

O eritritol não é metabolizado por *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivares* e outros microrganismos da cavidade bucal, não produzindo assim polissacarídeos insolúveis nem ácidos (ODA, 1989).

O valor calórico de 0,2 Kcal/g (menor que 0,4) torna o eritritol o poliol de mais baixo teor calórico, com aproximadamente 7 a 13% das calorias dos outros polióis e 5% das calorias da sacarose (GOOSSENS & ROPER, 1994).

2.3.1.1.3 Aspectos toxicológicos

Estudos toxicológicos em animais e estudos clínicos têm demonstrado a segurança do eritritol mesmo quando consumido em altas quantidades, sendo desta forma seguro para ser utilizado em alimentos (MUNRO *et al.*, 1996).

O eritritol é bem tolerado e não causa nenhum efeito tóxico significativo, mesmo após a exposição a uma alta dose. Administrado oralmente a humanos foi rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal e excretado na urina sem alteração metabólica. Com altas doses orais, a excreção urinária correspondeu a aproximadamente 90% da dose administrada, com mínimas quantidades aparecendo nas fezes. Uma comparação dos dados humanos e animais indicou alto grau de similaridade no seu metabolismo, e este dado suporta o uso de espécies animais para avaliar a segurança deste para consumo humano (BORNET *et al.*, 1996a,b; HIELE *et al.*, 1993; ISHIKAWA *et al.*, 1996; ODA *et al.*, 1988).

2.3.1.1.4 Aplicações na Indústria de Alimentos

Devido a suas características de baixa higroscopicidade e boa dispersibilidade, o eritritol pode ser consumido como adoçante de mesa e também em combinações com outros adoçantes alternativos, para se obter qualidade próxima à da sacarose e com a vantagem de possuir baixo valor calórico e não ser cariogênico (ODA *et al.*, 1993).

Em 1997 o FDA liberou o eritritol para produtos alimentícios nos EUA como produtor de sabor para formulações, umectante, adoçante nutritivo, estabilizante, espessante, seqüestrante e texturizador. Pode ser usado em produtos como: substitutos de açúcar, doces, bebidas de baixas calorias, creme

para produtos assados, biscoitos dietéticos e gomas de mascar. No Japão é usado em produtos de confeitaria e em bebidas desde 1990 (PSZCZOLA, 1999).

Pesquisas de fabricação, com a produção de eritritol usando a fermentação da dextrose a partir do milho, vêm sendo realizadas com planos de produção de 20 mil toneladas por ano, em resposta ao aumento da demanda por produtos com calorias controladas e produtos saudáveis (GOOSSENS, 1994).

O eritritol, quando associado ao aspartame e ao steviosídeo como adoçante em produtos de baixas calorias, apresentou características similares as da sacarose, conferindo uma melhora na qualidade de sabor, textura e estabilidade (GOOSSENS, 1994). Não foram identificados na literatura relatos sobre a associação eritritol/ aspartame em relação à sua equivalência com o poder adoçante da sacarose em géis.

A exemplo de outros polióis, o eritritol pode ser complexado com outros adoçantes atendendo ao mercado de balas, gomas de mascar, sobremesas geladas, produtos assados e no desenvolvimento de novos produtos, oferecendo benefícios nutracêuticos.

2.3.2 Aspartame

Aspartame é o nome dado ao composto N-L- α -aspartil-L fenilalanina – 1- metil éster (BOBBIO & BOBBIO, 1992). É um pó branco, cristalino de alta solubilidade em água e álcool, sendo insolúvel em óleos e gorduras (RIPPER *et al.*, 1986).

Esses dois aminoácidos naturais são encontrados em alimentos como frango, leite e frutas como a banana, sendo um dos edulcorantes que apresenta o perfil de doçura mais próximo da sacarose.

O aspartame não confere sabor residual ou metálico aos alimentos, e possui uma potência de 180 a 200 vezes mais doce que a sacarose.

CLONINGER & BALDWIN (1974), observaram na determinação equivalente em sacarose do aspartame que com o aumento da concentração, ocorre a diminuição da potência do aspartame até a doçura equivalente a 32% de sacarose.

Os mesmos autores avaliaram o efeito de ingredientes como gelatina, gomas e bebidas com aroma de laranja e do pH sobre a doçura do aspartame a várias concentrações de sacarose, onde foi observado que o pH não alterou a equivalência de doçura, além de o considerarem comparável à sacarose quanto aos atributos sensoriais.

Através de pesquisas biológicas ficou provada sua segurança para consumo em alimentos e bebidas (BRADSTOCK *et al.*, 1986). Sua ingestão diária aceitável, (IDA) é de 40mg/Kg, uma das maiores em relação a outros edulcorantes intensivos como ciclamato, sacarina e acessulfame K.

Uma das únicas restrições ao uso de aspartame é aos portadores da deficiência genética no metabolismo da fenilalanina devido a ausência da fenilalanina hidroxilase que converte o excesso de fenilalanina em tirosina. O excesso de fenilalanina no sangue leva a distúrbios das respostas cerebrais (HARPER, 1984).

O valor calórico do aspartame é de 4Kcal/g. Devido ao seu alto poder adoçante, a quantidade de sua adição é mínima reduzindo assim, a ingestão calórica, que torna-se mínima (WELLS, 1989).

Com o aumento no consumo de alimentos *diet* e *light*, a utilização de aspartame, devido as suas características de sabor próximas às da sacarose, tem crescido em refrigerantes, adoçantes de mesa, iogurtes, pós para preparo de sobremesas como pudins, flans e gelatinas, sorvetes e diversos outros produtos alimentícios (RÊ, 1980).

HOMLER (1988), através de análise descritiva quantitativa, observou que o aspartame, em solução equivalente de doçura a uma solução de referência

de sacarose a 10%, apresenta gosto doce semelhante ao da sacarose e não apresenta sabor residual.

A maior estabilidade do aspartame está na faixa de pH 3,0 a 5,0 e sua estabilidade ótima é no pH 4,3. Seu ponto isoelétrico é de 5,2, onde se encontra a maioria dos alimentos e bebidas .

O aspartame acentua o aroma e prolonga a percepção do sabor das frutas, principalmente em sucos de frutas cítricas (BALDWIN & KORSCHGEN, 1979) as frutas ácidas.

O aspartame foi aprovado pelo FDA em 1981, sendo atualmente um dos adoçantes mais utilizados em todo o mundo.

2.4 Medidas de textura em alimentos

A textura é um dos principais atributos relacionados à qualidade dos alimentos, sendo difícil uma definição exata, já que esta se constitui em um grupo de propriedades físicas, visuais e estruturais do alimento, não podendo ser analisada isoladamente (BOURNE, 1982).

SZCZESNIAK (1963) definiu textura como a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais e mecânicas dos alimentos, detectadas através dos sentidos de visão, audição e do tato (quinestético e bucal), relacionando tais propriedades com as propriedades mecânicas do material.

A mesma autora desenvolveu um sistema para classificar as características de textura a partir de termos usados em terminologia popular e de definição de conceitos reológicos. As características de textura foram divididas em três: mecânicas, geométricas e outras.

As mecânicas foram relacionadas à reação da estrutura do alimento a uma força aplicada: dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade.

As geométricas relacionadas ao tamanho, forma e orientação das partículas dentro do alimento, tais como: fibroso, cristalino e granuloso.

As outras características, relacionadas à percepção de conteúdo de umidade, teor de óleo e conteúdo de gordura dos alimentos como oleosidade, e suculência.

SZCZESNIAK (1963) também dividiu as características mecânicas em primárias e secundárias. As primárias são relacionadas à dureza, coesividade, viscosidade e adesividade. As secundárias: fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade.

Outra definição para textura foi dada por KRAMER (1973), como uma das propriedades sensoriais primárias dos alimentos que está relacionada integralmente com o sentido do tato, podendo ser medida objetivamente por métodos mecânicos, expressos em unidades de massa ou de força; estando a percepção da textura dependente da deformação resultante da aplicação de pressão e/ou de suas propriedades de superfície, como aspereza, maciez ou aderência, estimadas pelo sentido do tato.

2.4.1 Medidas de textura instrumental

Apesar da textura ser uma propriedade basicamente sensorial, pode ser analisada e mensurada objetivamente através de métodos mecânicos expressos em unidades de massa ou de força (KRAMER, 1973).

Os testes objetivos diretos que medem as propriedades mecânicas dos materiais utilizam técnicas de medidas em que o alimento é deformado por força de compressão, cisalhamento ou combinação dessas. A extensão da deformação e/ou da resistência oferecida pela amostra é registrada e usada como índice de textura.

2.4.1.1 Tipos de Testes

SCOTT BLAIR (1958) classificou os métodos objetivos de textura em três tipos: fundamentais, empíricos e imitativos.

Os métodos fundamentais medem propriedades mecânicas como módulos de elasticidade ou viscosidade. Os resultados são expressos em unidades definidas, podendo-se quantificar os efeitos de variação da amostra, forma geométrica do dispositivo usado e outras condições de teste.

Os métodos empíricos medem propriedades mecânicas da amostra em unidades empíricas do instrumento, aplicando uma combinação de forças, como por exemplo compressão, tração, cisalhamento, escoamento e extrusão. Por apresentarem uma boa correlação com a qualidade de textura, e serem de fácil e rápida realização, têm sido largamente utilizados na indústria de alimentos (BOURNE, 1982).

Os métodos imitativos são os que simulam as condições em que o alimento é submetido na realidade. Os instrumentos simulam o complexo processo de mastigação, porém em um grau limitado. Geralmente apresentam dispositivos em forma de dentes e/ou uma ação que imita o movimento das mandíbulas no plano vertical. O primeiro instrumento criado deste tipo foi o texturômetro da General Foods (BRENNAN, 1984). Outros tipos de instrumentos utilizados nesse teste são o farinógrafo, que imita o manuseio da massa na panificação, e o Consistômetro Adams, que mede o escoamento de alimentos semi-sólidos (BOURNE, 1982).

2.4.1.2 Tipos de Instrumentos

Os instrumentos podem ser individuais ou múltiplos. Os individuais têm uma ação específica sobre o alimento e utilizam vários tipos de dispositivos

diferentes. Os mais utilizados são: penetrômetros, em que a medida é dada através da força requerida para uma certa penetração ou para uma penetração total observada num tempo determinado e associada com a dureza ou “firmeza” do alimento; gelômetro de Bloom, para medir o poder de gelificação; consistômetros, que são instrumentos empíricos para medir a consistência de alimentos semi- sólidos, como os amilógrafos, farinógrafos e os de cisalhamento, utilizados para sólidos, empregando uma ou várias lâminas (SCZSESNIAK, 1963; SCZSESNIAK, 1973).

Os instrumentos múltiplos permitem obter vários parâmetros de textura em uma só medida através do registro de curvas forças-tempo. Estes instrumentos são usados numa grande variedade de testes de textura, por apresentarem precisão e exatidão. O Instron Universal Testing Machine (UTM) é um exemplo deste tipo de instrumento, que apresenta uma grande variedade de dispositivos que podem ser adaptados, possibilitando a realização de quase todos os métodos de medidas de textura (BRENNAN, 1984). O Instron foi adequado por BOURNE (1968) para a análise de perfil de textura (TPA) de alimentos cujo fundamento foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da “General Foods” tanto para a análise sensorial como para a instrumental a partir do Texturômetro “General Foods” (GF) que imitava o movimento de mastigação na boca (SZCZESNIAK, 1963b , a; BRANDT *et al.*, 1963; FRIEDMAN *et al.*, 1963).

Outro instrumento de medida de textura considerado como múltiplo é o Analisador de Textura Stevens LFRA, que foi descrito por MARRS *et al.* (1980) como um instrumento útil em avaliação de textura de géis, pastas, manteigas e margarinas, geléias e produtos de confeitaria. Fornece valores de força de gel Bloom (“Bloom Gel Strength”) diretamente e curvas de carga/penetração, em que se obtém vários parâmetros.

Atualmente, dois instrumentos têm sido muito utilizados para determinação da análise de Perfil de Textura (TPA), o Instron e o Analisador de Textura TA-TX₂; este consiste de um sistema hidráulico para a movimentação de um pistão a uma velocidade variável conforme o método, ao qual é conectado um

dispositivo que entra em contato com a amostra, registrando a resistência na forma de curvas e calculando os diversos atributos de textura.

2.4.1.3 Análise do Perfil de Textura Instrumental (APT)

A análise de perfil de textura (APT) foi desenvolvida por FRIEDMAN *et al.* (1963) por teste de compressão, em que a amostra é comprimida duas vezes, utilizando o texturômetro da General Foods. BOURNE (1968) desenvolveu o APT modificado utilizando o Instron UTM.

O autor observou que as amostras deveriam ser deformadas até 25% de sua altura original em cada um dos picos do APT; entretanto, mais recentemente, diferentes taxas de compressão têm sido utilizadas (BREENE, 1975; DAMASIO, 1990).

A resistência detectada pelo aparelho é registrada na forma de uma curva típica de força-deformação do alimento, e diversos parâmetros de textura podem ser quantificados a partir do gráfico Força/Tempo, como mostra a Fig. 4.

A APT é um conjunto de medidas que foi desenvolvido com base na imitação da compressão de uma mordida em um pedaço de alimento, duas vezes a movimentação da ação da boca.

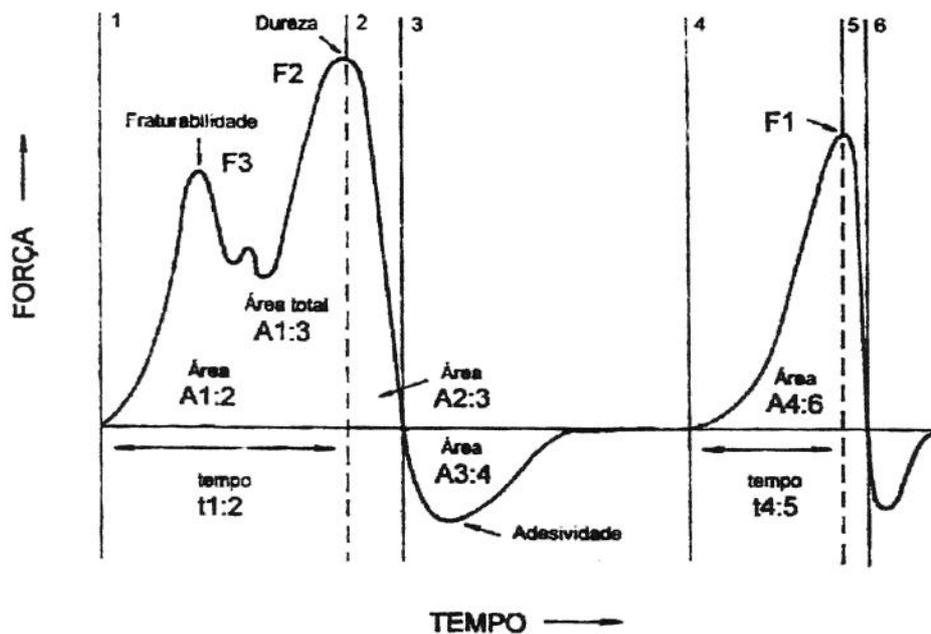


FIGURA 4 -Curva Força/Tempo

Fonte: BOURNE, 1968.

Os parâmetros podem ser definidos mecânica e sensorialmente (CIVILLE & SZCZESNIAK, 1973), modificado por BOURNE (1968) e apresentados por PYE (1996) como:

F_2 _ Dureza = a força máxima na primeira compressão, representada pela altura do primeiro pico, ou seja, a primeira mordida. Ela relaciona-se com a força dentro da boca requerida para comprimir uma substância entre os dentes molares ou entre a língua e o palato;

F_3 _ Fraturabilidade = força pela qual o material fratura, e a força de uma inflexão na curva na primeira mordida. Este parâmetro foi inicialmente chamado “quebradiço”. É a força em que uma amostra quebra ou racha (produto com alto grau de dureza e baixo grau de coesividade);

$A_{4:6} : A_{1:3}$ _ Coesividade = é a razão entre a área do segundo pico e a área do primeiro, ou a taxa da área de força positiva sob a primeira e a segunda

compressão. É a extensão até a qual o material pode ser distendido antes de romper irreversivelmente;

A₃: 4 _ Adesividade = representada pela área negativa após o primeiro pico. É a energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais em contato com o mesmo. Sensorialmente, é a força requerida para remover o material que adere ao palato durante a mastigação, e está relacionada com propriedades de superfície;

T_{4:5} : T_{1:2} _ Elasticidade = é a dimensão que a amostra recupera após a primeira compressão antes da segunda, ou a velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada depois que a força de deformação é removida. É a extensão em que o alimento recobra a sua altura durante o tempo entre o fim da primeira mordida e o início da segunda;

F.x Coesividade = Gomosidade = densidade que persiste quando se mastiga para desintegrar um alimento semi-sólido para um estado a ser deglutido (é o produto de baixo grau de dureza x alto grau de coesividade);

T_{4:5} : T_{1:2} x Gomosidade = mastigabilidade = é o espaço de tempo requerido para mastigar uma amostra a uma taxa constante de força, reduzindo-a para uma consistência adequada a deglutição (é o produto dureza x coesividade x elasticidade).

A primeira aplicação publicada do TPA da "General Foods" foi com carnes (SZCZESNIAK *et al.*, 1963). O TPA instrumental foi também utilizado para bifes resfriados e pré-cozidos (SZCZESNIAK, 1971), para géis, pasta de proteínas vegetais e géis de derivados de soja (BREENE, 1975), além de parâmetros TPA para pudins e cremes para recheio de tortas e sobremesas (HENRY *et al.*, 1971).

A avaliação de sistemas gelificantes pelo APT instrumental e sensorial tem sido extensivamente utilizada.

DAGET E COLLYER (1984) mediram 18 parâmetros com o texturômetro Instron UTM, em seis diferentes géis, correlacionando-os com características sensoriais e medidos com dois ciclos de compressão (APT) como:

resistência à compressão, recuperação elástica, coesividade, mastigabilidade, firmeza sob tensão e elasticidade sob tensão.

CAIRNS *et al.* (1986) compararam as propriedades mecânicas de géis mistos formados por K – carragenato e goma garrofin, através de compressão com Instron UTM, medindo força de ruptura a 10% de compressão.

MUÑOZ *et al.* (1986a) estudaram textura de géis de gelatina a várias concentrações. Mediram as propriedades mecânicas por testes com tais ciclos de compressão com o Instron UTM, do parâmetro de coesividade e elasticidade.

DAMASIO (1990) avaliou as propriedades mecânicas e a textura de géis mistos X-carragenato, goma garrofin e goma guar através do Instron UTM, onde as amostras foram comprimidas apenas uma vez (compressão uniaxial), deformando-a a aproximadamente 75%.

NORONHA (1996) avaliou 12 amostras de géis de Kappa-carragena e goma logusta em duas diferentes concentrações, utilizando o analisador de textura Stevens LFRA, através de ensaios de penetração.

PARASKEVOPOULOU & KIOSSEOGLOU (1997) trabalhando com géis de gema de ovo com baixo teor de colesterol relacionaram as diferenças mecânicas com a composição de proteína e lipídios das amostras, utilizando teste de compressão dupla com o Instron.

MEULLENET *et al.* (1997) descreveu um método para avaliação de parâmetros de textura e sua relação com características sensoriais, denominado B.I.T.E. Marter (Bi-cyclical Instrument for Texture Evaluation) recomendando este método para modelos utilizando variáveis múltiplas.

DIAS & GROSSO (1999) avaliaram o perfil de textura instrumental, sensorial em géis de pectina de baixo teor de esterificação, alginato e gelatina através de teste de penetração e teste de compressão, utilizando o analisador de textura TA–XT₂. No teste de compressão as amostras foram comprimidas duas vezes, sendo a taxa de compressão de 50%. Os parâmetros estudados foram dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade.

FREITAS & JACKIX (1999) estudaram o perfil de textura instrumental e sensorial em texturizados de suco misto de laranja e cenoura de valor energético reduzido, avaliando os parâmetros de dureza, gomosidade e mastigabilidade em aparelho analisador de textura TA–XT₂, com taxa de compressão de 50%.

2.4.2 Avaliação sensorial de textura

A análise sensorial é um instrumento de grande importância para avaliar a textura de novos produtos, principalmente nas primeiras etapas de seu desenvolvimento (COSTELL & DURAN, 1975).

A textura, definida como um atributo sensorial, não é apenas uma característica do alimento, mas sim um conjunto de atributos importantes, sendo imprescindível o estudo dos parâmetros que a integram, no controle de qualidade de alimentos (COSTELL & DURAN, 1975; DAMÁSIO, 1990).

Através da análise sensorial, pode-se obter uma análise completa das propriedades de textura do alimento; os processos que ocorrem enquanto o alimento está sendo mastigado, como escoamento, mistura e hidratação com saliva e algumas mudanças de temperatura, tamanho, forma e características de superfície como rugosidade e outras características, são registrados com grande sensibilidade pelos sentidos humanos (BOURNE, 1982).

A importância dos métodos sensoriais para medidas de textura em alimentos foi resumida por ABBOTT (1973) com três principais objetivos: 1) reconhecer a importância relativa da textura na aceitabilidade do alimento (se a textura deve ser medida); 2) para determinar as características de textura que são importantes no alimento (o que medir); 3) para avaliar se um determinado teste objetivo é adequado para uma determinada característica de textura.

As características de textura ocorrem principalmente na boca ou nos lábios, e também podem ser bem percebidas pelo tato, através dos dedos e das

mãos, bem como com os olhos e ouvidos, que irão informar componentes importantes do perfil de textura de um produto (BOURNE, 1982).

As maiores dificuldades para a avaliação sensorial de textura são acarretadas pela diversidade dos modos de percepção pelos sentidos humanos, dificultando a avaliação principalmente quanto à terminologia empregada (COSTELL & DURAN, 1975; DAMASIO *et al.*, 1990b).

Assim, cada vez mais vêm sendo desenvolvidas metodologias aplicáveis a medidas de textura considerando-se o poder fisiológico pelo qual o homem percebe a textura, desenvolvimento de terminologias e procedimentos aplicáveis a cada caso.

Desta maneira, diferentes metodologias de teste têm sido aplicadas para determinar vários parâmetros de textura, com atenção na apresentação da amostra (tamanho, forma, temperatura), e metodologias de teste (oral, manual) obtendo-se grande número de atributos, conforme pode ser observado em diversos trabalhos em textura de géis.

LEVITT (1974), analisou oito diferentes tipos de géis através de compressão com a colher, compressão entre a língua e o palato até a ruptura, observando os atributos de resistência, imobilidade, recobrimento e coesividade.

SZCZESNIAK (1975) estudou géis de gelatina, iota-carragena e K-carragena em amostras à temperatura de 10°C num tempo de 5,5 horas e à mesma temperatura após 18 horas, usando a metodologia de compressão parcial, manipulação com a língua e deglutição. Foram avaliados os parâmetros de firmeza, elasticidade, tipo de ruptura, maciez e viscosidade.

MUÑOZ *et al.* (1986a), trabalhando com géis de gelatina em várias concentrações, apresentou amostras na forma de cubos com 2 cm, a uma temperatura de 12°C através de corte com faca, mordida com dente, compressão com o dedo, compressão entre a língua e o palato. Os atributos avaliados foram: firmeza oral, firmeza manual, coesividade oral, coesividade manual e extensão de ruptura.

O mesmo autor (1986b), em géis de gelatina, alginato de sódio e K-carragena, utilizou a mesma metodologia de teste e a mesma forma e temperatura das amostras, avaliando os atributos de firmeza oral, manual, coesividade oral, manual, elasticidade e tamanho das partículas.

DAMÁSIO (1990) com géis de K-carragena, K-carragena-LBG-goma guar na forma de cilindros de 17mm x 17mm e 45mm x 20mm à temperatura ambiente, usou a metodologia de compressão com os dedos indicadores, compressão até a ruptura, corte com faca e corte com colher. Observou resistência inicial à compressão, elasticidade, firmeza, deformabilidade, tamanho de pedaços, resistência ao corte, tipo de ruptura, superfície da zona cortada.

NORONHA (1996), em géis lácteos de K-carragena e goma logusta na forma de cilindros de 3,8 x 2,5 cm à temperatura de refrigeração no momento do teste, analisou atributos de deformação da base, resistência à compressão, firmeza, resistência ao corte, rugosidade, umidade, granulidade, dureza, superfície cortada, forma de pedaços.

DIAS (1999), em géis de pectina de baixo teor de esterificação, alginato de sódio e gelatina, avaliou as amostras na forma de gel contido, colocadas em béqueres de 50 ml com 45 ml da amostra e na forma de gel livre em cilindros de 3 cm, a temperatura de 60° C num tempo de 16–20 horas. Foram utilizados compressão com colher, corte com colher e textura oral. Os atributos avaliados foram firmeza, fraturabilidade, aderência na colher, elasticidade, aderência ao copo, firmeza oral, espalhabilidade na boca, arenosidade, mastigabilidade.

Dentre todos os métodos de avaliação sensorial, os mais utilizados para medidas de textura são descritivos com uma ou mais escalas e os de perfil de textura.

Os métodos descritivos descrevem e avaliam a intensidade dos atributos sensoriais, logo avaliam o aspecto qualitativo do produto, como aparência, aroma, sabor e textura, e o aspecto quantitativo que avalia a intensidade de cada característica sensorial do produto através de escala, sendo os métodos mais conhecidos os de Perfil de Textura (CIVILLE & SZCZESNIAK,

1973), Perfil de Sabor (ARTHUR D. LITTLE in MEILGAARD *et al.*, 1987) e Análise Descritiva Quantitativa (QDA), STONE *et al.* (1974).

2.4.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A análise descritiva é uma metodologia sensorial que fornece informações qualitativas e quantitativas de produtos, através da percepção de indivíduos qualificados, considerando-se todas as sensações percebidas, como visuais, olfativas, gustativas, tácteis e auditivas (STONE & SIDEL, 1993).

A Análise Descritiva Quantitativa, desenvolvida por STONE *et al.* (1974), utiliza uma equipe de provadores selecionados e treinados que identificam e quantificam os atributos de um produto.

Os provadores são pré-selecionados a partir de seu interesse, disponibilidade, memória sensorial e capacidade discriminativa, avaliados principalmente por análise seqüencial de testes triangulares (STONE & SIDEL, 1993).

A equipe selecionada avalia as amostras e identifica os termos descritores ou atributos, que determinam as similaridades e diferenças entre as amostras. O método mais comumente utilizado é o método rede (Repertory Grid Method) sugerido por KELLY e descrito por MOSKOWITZ (1983). Neste método as amostras são avaliadas em pares por cada provador, que descreve com suas próprias palavras os atributos sensoriais de cor, aroma, sabor e textura que as caracterizam. A partir dos atributos sensoriais levantados, a equipe sensorial se reúne, coordenada por um moderador, para discutir e definir consensualmente, eliminando sinônimos, os termos descritivos para serem utilizados na avaliação da amostra.

LEVITTE (1974) utilizou o método de discussão aberta com o moderador para desenvolver uma lista de atributos de textura a serem avaliados

em géis. GERDES *et al.* (1987) utilizaram este método para definir as características a serem avaliadas em géis de pectina, carragena e alginato.

O treinamento dos provadores para avaliar tais atributos é feito em sessões de discussão com amostras referências para que o provador aprenda a definir cada atributo. A intensidade de cada atributo é avaliada utilizando-se uma escala não estruturada de nove centímetros, com os termos de intensidade para cada atributo ancorados em seus extremos

Para selecionar a equipe final os provadores avaliam as amostras em duas ou mais repetições. Os dados são avaliados por Análise de Variância (ANOVA), tendo como causa de variação amostras e provadores. Os provadores são selecionados com base em sua capacidade discriminatória (p amostras $< 0,50$), reprodutibilidade (p repetições $\geq 0,05$) e consenso com a equipe sensorial (DAMÁSIO & COSTEL, 1991).

A equipe então treinada, avalia todas as amostras em repetições, e os dados são analisados por ANOVA e técnicas multivariadas como a Análise de Componente Principal (ACP) (STONE & SIDEL, 1993).

A análise multivariada de Análise de Componente Principal (ACP) permite uma análise global dos resultados e mostra as relações existentes entre as amostras, além de evidenciar o que mais caracteriza cada uma delas.

As amostras são representadas por vetores. Em geral vetores adjacentes são altamente correlacionados, vetores opostos são negativamente correlacionados e vetores ortogonais, separados por ângulos de 90° não são correlacionados. Os vetores maiores representam os descritores mais importantes, e caracterizam a amostra localizada mais próxima e na mesma direção a ele, também podendo-se dizer possuir esta alta intensidade deste atributo. Amostras similares ocupam regiões próximas e amostras sensorialmente diferentes ocupam regiões distintas no gráfico (MUÑOZ *et al.*, 1996b).

2.5 Correlação entre parâmetros instrumentais e sensoriais

A qualidade de tais correlações tem variado significativamente na literatura dependendo das variáveis consideradas. A dureza apresenta uma boa correlação, enquanto elasticidade e coesividade apresentam baixos níveis de correlação (MEULLENET, 1998). Tal pode ocorrer devido às dificuldades de quantificar estes parâmetros através do perfil sensorial, ou pela necessidade de melhorar os métodos de quantificação na análise do perfil instrumental (SZCZESNIAK, 1998).

2.6 Metodologia de Superfície de Resposta (MSR)

A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) é um método estatístico baseado em análise de regressão de dados quantitativos de modelos experimentais para se construir e resolver simultaneamente equações multivariadas descrevendo a relação das variáveis dependentes para as características de qualidade do produto e para parâmetros do processo e modelo (GIONANNI, 1983).

THOMPSON (1982) descreve que a Superfície de Resposta consiste nos resultados de experimentos que têm como finalidade identificar uma relação matemática/estatística entre níveis de variáveis exploratórias e a resposta.

Nesta metodologia as variáveis não são modificadas individualmente, mas simultaneamente. Com a superfície de resposta é possível descrever como as variáveis afetam a resposta, determinando a inter-relação entre elas e descrevendo o efeito combinado de todas as variáveis na resposta.

Graficamente o modelo descreve uma superfície tridimensional na qual níveis de duas variáveis independentes são apresentadas nos eixos perpendiculares horizontais, e a resposta no eixo vertical.

A MSR permite definir níveis ótimos de ingredientes de formulações sem que seja necessário testar todas as combinações possíveis (GIANNI, 1983).

MOUQUET *et al.* (1992) utilizaram MSR para otimizar propriedades mecânicas e termoestabilidade em produtos análogos de frutas, com polpa de manga e açúcar, obtendo texturizados de manga através de gelatinização com alginato de sódio.

PASTOR *et al.* (1996) utilizaram tal metodologia para otimizar formulações de néctar de pêra, com baixo valor calórico e alto conteúdo da polpa da fruta, tendo como variáveis independentes concentrações de aspartame e goma guar, e tendo como resposta a aceitabilidade sensorial do produto.

DAMÁSIO *et al.* (1999) reconhece a MSR como um instrumento útil para otimizar a qualidade sensorial de alimentos, utilizando tal metodologia para avaliação de géis de framboesa com baixos teores de açúcares.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Matéria-Prima e Reagentes

- Alginato de sódio tipo Satalgine S1100x lote nº 770794, fornecido pela SKW Systems do Brasil;
- Eritritol cedido pela Cerestar A Company of Eridania Béchin – Say, tipo C* Eridex, lote nº 16952;
- Aspartame lote nº AS0427 adquirido da Nutrasweet
- Aroma natural de laranja fornecido pela SKW Systems do Brasil,
- Membrana celulósica (porosidade de 0,001 um), fornecida pela HOECHST S.A. do BRASIL.
- Cloreto de cálcio dihidratado P.A., ácido cítrico anidro, ácido clorídrico concentrado e ácido nítrico concentrado e cloreto de potássio 4M, adquiridos da Nuclear. Todos com grau de pureza exigido pelos métodos analíticos.

3.1.2 Equipamentos

Analizador de textura TA–XT₂ (Stable Micro Systems SmS);

Balança Semi analítica METELR modelo P1210;

Balança Analítica OERTLING modelo LA164;

pHmetro Digital MICRONAL modelo B 374;

Placa de aquecimento CORNUNG modelo PC 320;

Agitador mecânico FISATON modelo 713;

Refratômetro Carl Zeiss Jena 32-g 110d;

Microscópio Ótico Carl Zeiss modelo JENAVAL;

Microscópio Eletrônico de Transmissão Leo 906 Zeiss;

Viscosímetro capilar Cannon–Feske nº 150 (J2 88)

Analizador de Íons - ORION modelo 93–20 com eletrodo específico de cálcio

Mufla FLYEVER-FE 30 modelo 2031

3.2 Métodos

3.2.1 Metodologia Experimental

3.2.1.1 Delineamento Experimental

As diferentes formulações para obtenção dos géis de alginato de cálcio, foram conduzidas conforme delineamento composto rotacional central baseado na Metodologia de Superfície de Resposta, segundo THOMPSON (1982).

O efeito das condições de processo nas características do gel de alginato foi estudado em função das variáveis, concentração de alginato de sódio, concentração de cloreto de cálcio e do pH. A faixa de variação foi definida segundo dados da literatura e testes preliminares.

Um experimento estatisticamente delineado em superfícies de resposta do tipo composto rotacional central (THOMPSON, 1982) foi escolhido para examinar o efeito combinado destas três variáveis. Cada variável foi examinada em cinco níveis codificados como $-\alpha$, -1, 0, 1 e $+\alpha$, cujos valores reais estão apresentados na Tabela 4.

O experimento constou de 17 pontos experimentais, sendo 8 fatoriais (combinando os níveis -1 e +1), 6 axiais (1 variável no nível $-\alpha$ e $+\alpha$), as demais no nível zero. O delineamento conteve três repetições no ponto central para a estimativa do erro puro ou experimental (COCHRAN & COX, 1964).

TABELA 4 -Valores reais das variáveis independentes

Variável Código	Níveis de Variação				
	-1,68	-1	0	+1	+1,68
concentração de alginato (%)	0,8	1,1	1,5	1,9	2,2
concentração de CaCl ₂ (%)	1,0	1,3	1,8	2,3	2,6
pH	3,0	3,8	5,0	6,2	7,0

As respostas de interesse foram definidas como os atributos de textura: dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e concentração de íons cálcio nos géis.

A Tabela 5 mostra os níveis codificados e decodificados das variáveis independentes que influem no processo de gelificação.

TABELA 5 - Delineamento experimental, para avaliar o efeito das variáveis independentes que influem nas características dos géis para cada tratamento.

TRATAMENTO	VARIÁVEIS INDEPENDENTES					
	CODIFICADAS			DECODIFICADAS		
	Alginato de sódio	Cloreto de cálcio	pH	Alginato de sódio (%)	Cloreto de cálcio (%)	pH
1	-1	-1	-1	1,1	1,3	3,8
2	+1	-1	-1	1,9	1,3	3,8
3	-1	+1	-1	1,1	2,3	3,8
4	+1	+1	-1	1,9	2,3	3,8
5	-1	-1	+1	1,1	1,3	6,2
6	+1	-1	+1	1,9	1,3	6,2
7	-1	+1	+1	1,1	2,3	6,2
8	+1	+1	+1	1,9	2,3	6,2
9	-1,68	0	0	0,8	1,8	5,0
10	+1,68	0	0	2,2	1,8	5,0
11	0	-1,68	0	1,5	1,0	5,0
12	0	+1,68	0	1,5	2,6	5,0
13	0	0	-1,68	1,5	1,8	3,0
14	0	0	+1,68	1,5	1,8	7,0
15	0	0	0	1,5	1,8	5,0
16	0	0	0	1,5	1,8	5,0
17	0	0	0	1,5	1,8	5,0

3.2.1.2 Preparo dos géis

Os géis foram preparados de acordo com metodologia usada por BELLARD *et al.* (1995) e OCIO *et al.* (1997), exceto quanto ao tempo de imersão no banho de cloreto de cálcio, que foi determinado em teste preliminar.

As formulações foram preparadas pela dispersão do alginato em água deionizada à temperatura de 90°C com o auxílio de um agitador mecânico a 60 rpm, até que a amostra fosse totalmente homogeneizada.

Nas formulações foram adicionados eritritol (10% p/p), óleo essencial de laranja (0,3p/p), aspartame (0,06p/p) e 0.01% da mistura amarelo crepúsculo e verde oliva na proporção de 1% e 0,5% (p/v), respectivamente. O pH foi ajustado com uma solução 50% p/v de ácido cítrico, de acordo com o experimento.

Além do objetivo de obter géis de baixo valor calórico, a introdução de 10% de eritritol, visou conferir teor de sólidos solúveis de modo análogo ao que seria introduzido através de sucos de frutas, no caso da produção de reestruturados de frutas

As soluções foram envasadas em membranas celulósicas com 12 cm de comprimento e dois centímetros de diâmetro, imersas nas soluções de cloreto de cálcio por duas horas. Decorrido este tempo, as amostras foram retiradas do banho e mantidas à temperatura ambiente até gelificação. O tempo de gelificação variou para cada amostra e foi pré-determinado conforme item 3.2.1.3. Atingido o tempo determinado para cada formulação, os géis foram retirados da membrana e armazenados à temperatura aproximada de 6°C por oito a dez horas até o momento das avaliações, onde foram cortados em cilindros de 2 cm, e avaliados à temperatura na faixa de 25°C.

3.2.1.3 Determinação do tempo de gelificação

Foram preparadas doze amostras para cada um dos 17 tratamentos conforme Tabela 5. As amostras foram imersas nas soluções de cloreto de cálcio e mantidas por 2 horas. Decorrido este tempo as amostras foram retiradas do banho de imersão e mantidas à temperatura ambiente, adotando-se este momento como tempo zero. A cada 2 horas, uma amostra de cada um dos 17 tratamentos, foi cortada em seções transversais e submetidas a avaliação visual, até a constatação de gelificação uniforme.

3.2.1.4 Avaliação dos géis

As avaliações dos géis foram realizadas após completar o tempo de gelificação (determinado no item 3.2.1.3), sendo então retiradas as membranas dos mesmos e mantidas sob refrigeração a uma temperatura aproximada de 6^o C por 8 a 10 horas, quando então foram cortadas em cilindros de 2 cm e submetidas à análise instrumental de textura, à quantificação da concentração de íons cálcio, avaliação sensorial e análise de microestrutura.

3.2.2 Métodos analíticos

3.2.2.1 Viscosidade Intrínseca e Massa Molecular Média

A viscosidade intrínseca do alginato de sódio foi determinada utilizando viscosímetro capilar Cannon–Feske n^o 150 (J2 88), mantido em banho termostático a 40^oC. Medidas de tempo de fluxo foram realizadas nas soluções de alginato preparadas nas concentrações de 0,02, 0,04, 0,06 e 0,08 g/100ml, tendo como solvente solução de NaCl 0,1N. Medidas do tempo de escoamento foram

feitas em triplicatas e a viscosidade intrínseca foi obtida por extrapolação da viscosidade reduzida e inerente à concentração igual a zero. O cálculo da massa molecular foi determinado pela seguinte relação:

$$[\eta] = K \cdot M^a$$

Onde:

$[\eta]$ = Viscosidade intrínseca (mL/g),

K = constante ($2,0 \times 10^5$)

M = massa molecular (dálton),

a = (constante = 1)

3.2.2.2 Quantificação dos íons cálcio nos Géis

A quantificação da $[Ca^{++}]$ foi obtida através do Analisador de Íons - ORION utilizando um eletrodo específico de íon cálcio, seguindo metodologia do fabricante. Uma curva padrão foi construída contendo: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} e 1M de $CaCl_2/100ml$ em água deionizada. Em cada solução foi adicionado 2 ml de KCl 4M, sendo a concentração da solução mensurada em valores de mV, correspondente a cada molaridade.

As amostras já gelificadas foram incineradas em mufla a $535^{\circ}C$ segundo método nº 16196 da AOAC (1980), para obtenção do resíduo mineral fixo que foi solubilizado em HCl concentrado e adicionado de 2 gotas de ácido nítrico também concentrado, sob calor em bico de Bunsen. As amostras foram então lavadas com água deionizada, filtradas e recebidas em balão volumétrico de 100 ml, contendo 2 ml de ajustador de força iônica, (KCl 4M), sendo completado o volume. Todas as amostras foram analisadas em triplicatas.

3.2.2.3 Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA)

A textura dos géis foi avaliada através de método instrumental denominado Análise do Perfil de Textura APT, proposto por FRIEDMAN *et al.* (1963) e SZCZESNIAK *et al.* (1963). Texturômetro TA-XT₂ (Stable Microsystems SMS), equipado com probe (SMS/55), foi utilizado para a avaliação das amostras. Os géis foram cortados manualmente com auxílio de um cortador com lâmina de alumínio, em cilindros de 2 cm de diâmetro por 2 cm de comprimento. As amostras foram submetidas a dois ciclos de compressão na parte central, em cinco replicatas. As condições utilizadas para os testes foram: velocidade pré-teste 2,0 mm/s; velocidade do teste 1,0mm/s; velocidade pós-teste 2,0 mm/s; distância de ruptura da amostra 10,0 mm; força 5,0 g e tempo 0,5 s. sendo a taxa de compressão de 50% (DIAS, 1999). Foram feitas quatro replicatas para cada repetição, sendo registradas cinco medidas para cada amostra.

3.2.2.4 Microscopia Ótica e Eletrônica dos Géis

A avaliação baseou-se nas micrografias obtidas através de microscopia ótica (MO) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). Amostras de géis contendo 1,1%, 1,5% e 2% de alginato de sódio (tratamento 1); 1,2%, 1,2% e 1,8% de cloreto de cálcio (tratamento 2), e pH 3,5, 3,5 e 7,0 (tratamento 14), respectivamente, todas com 10% de eritritol e 0,3% de óleo essencial de laranja; e uma segunda preparação das amostras 2 e 14, onde se excluiu o óleo essencial de laranja foram avaliadas através de MO e MET. As amostras escolhidas para a avaliação à microscopia (1, 2 e 14) foram três das sete que mais se diferenciaram em relação ao perfil sensorial de textura e sabor, tal como demonstrado na Fig. 22.

Para a microscopia ótica, fatias finas de géis foram cortadas e apoiadas entre lamínula e lâmina para observar-se ao microscópio ótico. Uma pressão foi exercida para conferir menor espessura e melhor resolução. Foi utilizado um contraste de cor adicionando-se solução aquosa de *rutenium* vermelho a 0,6%.

Outras amostras foram colocadas sobre tela de suporte (cobre), específicas para MET e contrastadas com solução tamponada de ácido fosfotúngstico a 2% e pH 6,8 e também contrastadas com acetato de uranila a 2% em pH 4,8.

As amostras sofreram desidratação, e a tela de cobre foi recoberta primeiramente com membrana de formvar reforçada com filme de carbono (SOUZA, 1998).

3.2.2.5 Análise Sensorial

3.2.2.5.1 Equivalência do Poder Edulcorante do Eritritol e da mistura Eritritol/Aspartame

A avaliação do poder edulcorante do eritritol e da mistura de eritritol com aspartame foi realizada de acordo com o método de estimativa de magnitude (MOSKOWITZ, 1977). Inicialmente dez provadores selecionados em função do poder discriminativo ao gosto doce foram treinados para utilizar escalas de magnitude. Posteriormente, para a avaliação do poder edulcorante de cada adoçante e da mistura, os provadores receberam uma série de amostras contendo os adoçantes e adoçante/mistura em diferentes concentrações. Para cada adoçante/ mistura utilizou-se géis formulados a diferentes concentrações que se encontram na Tabela 6. As amostras foram servidas codificadas com números de três dígitos e acompanhadas por uma amostra referência, formulada com

sacarose a 10% com valor arbitrário de doçura igual a 100. Os provadores eram solicitados a avaliar a doçura da amostra referência atribuindo-lhe intensidade 100. Em seguida, avaliou-se a doçura de cada amostra, comparando-a com a referência: valor de 200 indicaria que a amostra era duas vezes mais doce que a referência, enquanto um valor de cinquenta, era a metade da intensidade de doçura da referência, e assim por diante (Fig. 5).

A amostra de referência era uma solução de sacarose. Os provadores foram instruídos a dar qualquer nota, mas nunca o valor zero. A Tabela 6 apresenta as concentrações de sacarose, eritritol e eritritol/aspartame.

Os valores de magnitude de doçura estimados pelos provadores foram convertidos para valores de logaritmos e expressos pela média geométrica. O poder edulcorante de cada adoçante e adoçante/mistura foi estimado através da lei de Stevens conhecida como "*Power Function*" ou Função de Potência, $P = a S^n$, onde S é a concentração do estímulo, P é a magnitude da sensação percebida, neste caso o poder edulcorante, sendo, $S = aCn$, onde S é a sensação percebida, C é a concentração do estímulo conforme proposta de Stevens (1960).

$$P = a S^n \quad (\text{eq. 1})$$

$$\text{Log } P = \text{log } a S^n$$

$$\text{Log } P = \text{log } a + \text{log } S^n$$

$$\text{Log } P = \text{log } a + n \text{ log } S$$

TABELA 6 - Concentrações de sacarose, eritritol e eritritol/aspartame utilizadas para determinação da equivalência de doçura em relação à sacarose

	Concentrações para a equivalência a 10%				
Sacarose	3,9100	6,2500	10,00	16,00	25,65
Eritritol	3,9100	6,2500	10,00	16,00	23,65
Eritri + Asp	3,969	6,287	10,06	16,096	25,75

Nome: _____ Data: ___/___/___

Prove primeiramente a amostra referência (R) e assinale o valor 100 para a intensidade de doçura dessa amostra. Em seguida avalie a intensidade de doçura de cada amostra codificada em relação à amostra referência (R). Por exemplo, se a amostra codificada for 2 vezes mais doce que a amostra R, dê a amostra codificada o valor 200, se for 2 vezes menos doce, dê o valor 50, e assim por diante.

AMOSTRA	MAGNITUDE
R	100
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

FIGURA 5 - Modelo de ficha utilizada para Estimação de Magnitude

3.2.2.5.2 Perfil Sensorial de Textura e Sabor

3.2.2.5.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Para determinar o perfil sensorial de textura e sabor dos géis foi utilizada a metodologia denominada Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), segundo STONE & SIDEL (1985).

As 7 amostras utilizadas nesta avaliação foram selecionadas dentre as que mais se diferenciaram através da análise de perfil de textura, utilizando-se Análise dos Componentes Principais (ACP) (CARDELLO & MALLER, 1987), nos dezessete géis estudados.

Condições de teste

As amostras foram avaliadas por doze provadores selecionados e treinados com base em sua capacidade discriminatória ($p_{\text{amostras}} < 0.50$), reprodutibilidade ($p_{\text{repetições}} \geq 0.05$) e consenso com a equipe sensorial (DAMÁSIO & COSTEL, 1991).

Técnica de avaliação das amostras

As amostras foram apresentadas sob as mesmas condições de forma, tamanho e temperatura utilizados na avaliação instrumental de textura. (3.2.2.1.2.)

As amostras foram avaliadas através de compressão entre os dedos e na boca de acordo com MUÑOZ *et al.* (1996); DAMÁSIO (1990), NORONHA (1996) e DAMÁSIO *et al.* (1997).

Criação dos atributos

Para a criação dos atributos, os provadores desenvolveram a terminologia descritiva das amostras através do Método Rede (Repertory Grid Method), desenvolvido por Kelly e descrito por MOSKOWIZ (1983).

Aos provadores foram apresentadas três diferentes amostras aos pares, solicitando-se que, em cada par, fossem denominadas características similares ou diferentes do produto. A ficha utilizada neste método está apresentada na Fig. 6.

A seleção dos atributos, bem como a definição consensual de cada um deles, foram realizadas através de reuniões entre os provadores. Nessas reuniões, sob supervisão de um moderador, os provadores discutiam os termos levantados, agrupando os sinônimos, e selecionando os descritores consensuais que melhor caracterizavam as amostras.

Avaliação das amostras

Os atributos selecionados foram avaliados nas amostras de géis. A intensidade de cada atributo sensorial foi avaliada através de escalas não estruturadas de nove centímetros ancoradas nos extremos esquerdo e direito aos termos de intensidade (pouco/muito, baixa/alta, respectivamente). Foram servidas três amostras por sessão segundo o delineamento experimental de blocos incompletos balanceados (COCHRAN & COX, 1957), onde cada amostra foi avaliada em três repetições e o mesmo número de vezes em todas as posições.

Nome _____ Data ____ / ____ / ____

Você está recebendo três amostras de géis sabor laranja. Por favor, primeiramente comprima as amostras com os dedos sem rompê-las, e identifique as duas mais similares quanto à compressão com os dedos.

Em seguir, descreva em que são similares e em que diferem com relação à terceira amostra.

Finalmente prove as amostras e repita o mesmo procedimento com relação à textura oral e ao sabor.

Amostras: _____, _____ e _____

	Similaridades	Diferenças
Compressão manual com os dedos		
Textura oral		
Sabor		

FIGURA 6- Ficha utilizada no método "Kelly's Repertory Grid".

3.2.3 Métodos estatísticos

3.2.3.1 Análise de variância

Para avaliação dos resultados instrumentais e sensoriais foi empregada a análise de variância univariada (ANOVA), e determinada a significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), e teste de Tukey para verificar as médias estatisticamente significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Para verificar a correlação entre os atributos instrumentais e sensoriais, foi realizada a Análise de Regressão Múltipla, utilizando-se os níveis de significância dos modelos preditivos bem como os coeficientes de determinação para se avaliar a eficiência dos modelos. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa “Statistical Analysis Systems”.

3.2.3.2 Análise de Componente Principal (ACP)

Foi utilizada a técnica estatística multivariada, Análise de Componente Principal (ACP) com a finalidade de identificar as inter-relações ou similaridades entre as amostras no perfil de textura instrumental e no perfil de textura e sabor sensorial.

3.2.3.3 Metodologia de Superfície de Resposta

Para a análise do efeito combinado das variáveis independentes (X_1, X_2, X_3) sobre as respostas avaliadas (y_1), empregou-se a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR). A resposta pode ser escrita como sendo função (f) de x: $y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$.

Onde: Y_1 = função resposta genérica ou variável dependente

x_1, x_2, x_3 = níveis codificados das variáveis independentes

Os resultados foram tratados por análise de regressão múltipla da MSR, para desenvolver modelos matemáticos de segunda ordem, contendo termos lineares, quadráticos e de interação das três variáveis independentes.

A significância dos modelos foi testada por análise de variância ANOVA, observando a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança pelo teste F, também sendo analisado o coeficiente de determinação R^2 . (BARROS NETO *et al.*, 1995).

Os gráficos tridimensionais foram elaborados para cada uma das respostas utilizando-se o pacote STATISTICA FOR WINDOWS 5.0 (1995).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do alginato de sódio

Dentre as análises que podem ser feitas visando a caracterização do alginato de sódio, tanto do ponto de vista químico, físico e físico químico, a determinação da viscosidade intrínseca $[\eta]$ é importante, como uma das maneiras pela qual se pode determinar a sua massa molecular média.

O valor de $[\eta]$ determinado neste experimento, que foi de 5,863, está concordante com os dados reportados pela literatura consultada para este hidrocolóide a partir de diferentes fontes de algas, tanto comerciais como as obtidas em laboratório, que revelaram valores de $[\eta] = 4,2$ a $14,4$ (DONNAN & ROSE, 1950); $[\eta] = 3,1$ a $17,5$ (COOK & SMITH, 1954); $[\eta] = 3,6$ a $19,2$ (VICENTE, 1956) e de $[\eta] = 4,2$ a $3,0$ (HAUG & SMIDRSROD, 1962). A partir do valor de $[\eta]$, foi calculada a Massa Molecular segundo HAUG & SMIDRSROD (1962).

A amostra de alginato analisada apresentou massa molecular média de $2,93 \times 10^5$ Da, cujo resultado se encontra dentro da faixa dos valores encontrados na literatura para alginatos de sódio, compreendido entre 2×10^5 a $1,6 \times 10^6$ Da. O alginato utilizado no presente estudo apresentou uma Massa Molecular considerada baixa quando comparada com os dados acima. Por isso, a Massa Molecular deve ser considerada como um fator determinante na concentração de alginato a ser utilizada para se obter géis mais ou menos fortes, uma vez que a concentração de alginatos para formar géis fortes é em torno de 0,5% para alginatos de alto peso molecular e de 2% para alginatos de baixo peso molecular (KING, 1994). Isso é um fator importante na elaboração de géis, uma vez que quanto maior a Massa Molecular, menor é a quantidade de alginato para obtenção de géis mais rígidos.

Baseados nestes dados, consideramos que a faixa de concentração de alginato definida no delineamento, foi adequada.

4.2 Determinação do tempo de gelificação

4.2.1 Tempo de Imersão nas Soluções de Cloreto de Cálcio

O processo de gelificação por difusão preferencialmente ao processo de gelificação interna, tem sido o mais utilizado para produção de reestruturados de frutas e vegetais, devido principalmente à textura mais apropriada que confere ao produto final (KING, 1983; LITTLECOTT, 1982; SIMI, 1983; BELLARD *et al.*, 1995; CLARE, 1993; OCIO *et al.*, 1997; FREITAS *et al.*, 1999), apesar de ser um processo mais demorado.

Quando as amostras com alginato de sódio dentro das membranas de celulose são imersas em soluções de cloreto de cálcio, ocorre a entrada de íons cálcio, que inicialmente forma uma película junto à parede interna da membrana. Com o decorrer do tempo, a espessura desta camada vai aumentando. Se a amostra for cortada no início do processo, a mistura no interior do tubo escoar e se forma um canal oco, até o momento em que nenhum material líquido mais escoar e a seção de corte apresenta uma aparência uniforme. As amostras foram consideradas gelificadas quando, ao corte, não ocorreu escoamento de material fluido de suas porções mais interiores, apresentando assim textura uniforme em toda a extensão dos cortes observados.

Estudos de CLARE (1993), BELLARD *et al.* (1995), que trabalharam com reestruturados de frutas à base de suco de maracujá, revelaram que o teor de cálcio no banho de endurecimento em concentrações acima de 2,6%, apesar de reduzir o tempo de gelificação de 24 para 14 horas, produziam gosto amargo. A partir de tais resultados, utilizaram menor concentração de cloreto de cálcio (1,3%), obtendo um gel com gosto normal de fruta, apesar do tempo excessivo de gelificação, que foi de 24h.

Com o objetivo de diminuir o tempo de gelificação sem ter que aumentar a concentração de cloreto de cálcio nas soluções, utilizou-se valores que variavam de 1% a 2,6% de cloreto de cálcio (Tabela 4). Fez-se a imersão das

formulações por períodos que variavam de 2 a 24 horas. Em um dos experimentos, após 2 horas de imersão, os produtos eram retirados e deixados em repouso em temperatura ambiente por 24 horas, enquanto as demais formulações permaneciam nas soluções de cloreto de cálcio pelo mesmo tempo. Após repouso de 24 horas, foi observado visualmente que a textura dos géis que ficaram imerso por apenas 2 horas, era similar à dos géis que ficaram imersos por 24 horas na solução.

Em função destas observações, alterou-se o tempo de imersão das formulações nas soluções de cloreto de cálcio para 2 horas, mantendo-se o tempo de repouso posterior à temperatura em torno de 25°C por 24 horas. Paralelamente, pesquisou-se o tempo médio necessário para que ocorresse a completa gelificação de cada uma das 17 amostras.

Tendo em vista os resultados assim observados, estabeleceram-se as seguintes considerações sobre as três etapas do processo de gelificação através de membrana:

1 – tempo de imersão: tempo para que ocorra a difusão através da membrana dos íons cálcio para que se inicie o processo de gelificação, que neste estudo foi de duas horas;

2 – tempo de gelificação: tempo de difusão do íon cálcio nas formulações até sua gelificação (Tabela 7).

3 – tempo para consolidações do gel: tempo constatado para a formação completa do gel em cada uma das 17 amostras. Estabeleceu-se um período de 8 horas para que estas fossem submetidas às avaliações mecânicas e sensoriais.

Apesar da padronização de 8 horas para consolidação dos géis esta terceira etapa pode ser conduzida dentro da embalagem, no caso de industrialização do produto.

4.2.2 Determinação do tempo de gelificação para cada uma das formulações

Sabendo-se que géis de alginato são produzidos pela interação com o Ca^{++} e que são sistemas dinâmicos, onde a força do gel aumenta com o tempo, foi observado o tempo em que as amostras atingiram uma gelificação uniforme. Quando as soluções de alginato de sódio e de cálcio entram em contato, inicia-se a formação de um gel na interface dessas soluções. A gelificação posterior depende da difusão dos íons cálcio através da membrana que contém a formulação e do gel que se forma, o que requer um determinado tempo.

A liberação gradual do cálcio resulta no fortalecimento do gel. À medida que as moléculas de alginato se tornam próximas umas das outras devido à interação com os íons cálcio, as ligações por hidrogênio são mais facilitadas, tornando-se, provavelmente, o principal fator de consolidação do gel. Uma vez que as soluções de alginato e os íons cálcio foram misturados, a reação irá continuar, sendo impossível interromper essa interação. Quando o equilíbrio é alcançado, mesmo que a temperatura seja reduzida, interações adicionais e irreversíveis irão ocorrer (KING, 1983).

A diminuição do tempo de processo de gelificação é importante para a indústria de alimentos, levando a grandes vantagens como a redução do espaço físico, do custo de processo e equipamento, e principalmente em relação à qualidade do produto final, reduzindo contaminações. Como vantagem adicional ressalte-se que o chamado tempo para consolidação do gel poderá ocorrer após o produto ser embalado, sem prejuízo das características desejadas.

Após a imersão das amostras por duas horas nas diferentes soluções de cloreto de cálcio, a cada 2 horas fez-se o corte das formulações observando-se os géis formados, cujos resultados dos tempos de gelificação estão apresentados na Tabela 7.

As amostras foram consideradas gelificadas quando o centro das mesmas não apresentava características fluidas tendo a mesma aparência da

parte externa; desta forma, todas as amostras foram avaliadas nas mesmas condições experimentais (Durand *et al.*, 1990).

O tempo de gelificação das dezessete amostras estudadas está apresentado na tabela a seguir (Tabela 7).

TABELA 7 - Tempo de gelificação das 17 formulações, após imersão nas soluções de cloreto de cálcio

TRATAMENTO	% alginato de sódio	% cloreto de cálcio	pH	Tempo (horas)
1	1,1	1,3	3,8	10 horas
3	1,1	2,3	3,8	
9	0,8	1,8	5,0	
2	1,9	1,3	3,8	12 horas
5	1,1	1,3	6,2	
4	1,9	2,3	3,8	
7	1,1	2,3	6,2	
13	1,5	1,8	3,0	
10	2,2	1,8	5,0	14 horas
11	1,5	1,0	5,0	
12	1,5	2,6	5,0	
15	1,5	1,8	5,0	
16	1,5	1,8	5,0	
17	1,5	1,8	5,0	
6	1,9	1,3	6,2	16 horas
8	1,9	2,3	6,2	
14	1,5	1,8	7,0	

No período de tempo de zero a 8 horas, todas as formulações apresentavam película externa fina gelificada e centro fluido; da mesma forma, no tempo de 10 horas, com exceção para as formulações 1, 3 e 9 que já estavam gelificadas.

As amostras 1 e 3, com as mesmas concentrações de alginato (1,1%), no mesmo pH (3,8), porém com concentrações diferentes de cloreto de cálcio (1,3% e 2,3%, respectivamente), apresentaram uma gelificação uniforme após o corte, no mesmo período de tempo. Tal fato pode estar relacionado à menor

concentração do hidrocolóide, já que a concentração do cloreto de cálcio da amostra 3 é bem superior à da amostra 1, não tendo, no entanto, a mesma gelificado no espaço de tempo menor. Isto também pode ser observado em relação à amostra 9 nas concentrações de 0,8% de alginato, 1,8% de cloreto de cálcio pH 5,0, que gelificou no mesmo tempo das amostras citadas acima.

Os géis 5 e 7 só apresentaram gelificação uniforme com 12 horas de observação, tendo a mesma concentração de alginato de (1,1%) , mesmo pH (6,2) e em concentrações diferentes de cloreto de cálcio 1,3% e 2,3%, respectivamente.

Observa-se que os géis 1 e 5 e os géis 3 e 7 possuem a mesma formulação, mas diferem quanto ao pH. A partir desta informação pode-se presumir que em pH mais alto, o processo de gelificação é mais lento.

Os géis 15, 16 e 17, com as mesmas concentrações do hidrocolóide e do sal de cálcio (1,8%), em pH 5, revelaram o mesmo tempo de gelificação. Porém os géis 11 e 12, com a mesma quantidade de alginatos, concentrações 1,0 e 2,6%, respectivamente, apresentaram o mesmo tempo de gelificação, mostrando que não foi necessário alta concentração do sal de cálcio nessas condições.

No gel 10 que continha 2,2% de alginato e 1,8 de CaCl_2 e o pH igual aos dos géis 15, 16 e 17, apresentou o mesmo tempo de gelificação destes, mostrando que não se faz necessário altas concentrações do hidrocolóide para se obter o mesmo tempo para formação do gel.

Os géis 6 e 8 gelificaram no tempo de 16 horas. Esses géis contêm a mesma concentração de alginato (1,9%) e diferentes concentrações de cloreto cálcio (1,3% e 2,3%, respectivamente) no mesmo pH (6,2), mostrando que nessas condições não se faz necessário maior concentração de CaCl_2 para que a gelificação ocorra nesse tempo, bem como, confirma que à medida que o pH aumenta, o tempo de formação do gel também aumenta. Quando se compara estes géis com os géis 5 e 7 verifica-se que, embora com o mesmo pH, apresentaram grande diferença no tempo de gelificação (12 e 16 horas,

respectivamente); tal fato pode ser devido à maior concentração de alginato nos géis que gelificaram com 16 horas.

O gel 14, que continha as mesmas concentrações de alginato e de cloreto de cálcio do gel 13, teve o tempo de gelificação com 16 horas, enquanto que o gel 13 a formação do gel ocorreu em 12 horas. A diferença entre os dois géis era o pH, que no 13 e 14 era 3 e 7, respectivamente, mostrando mais uma vez o efeito do pH no tempo de gelificação.

4.3 Efeito das Variáveis de Processo no teor de íons cálcio quantificados nos géis

Sabe-se que a gelificação é dependente da quantidade de cálcio disponível no sistema (KING, 1983). Dessa forma, foi avaliado o teor de íons cálcio presente nos géis, quantificando-se em cada uma das 17 formulações a concentração de íons cálcio expressos em molaridade. Os resultados obtidos foram convertidos em percentagens para facilitar sua comparação com as concentrações de cloreto de cálcio e de alginato utilizadas no experimento e então apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Teores de íons cálcio correspondentes às concentrações de alginato de sódio e cloreto de cálcio, em diferentes níveis de pH dos 17 géis após o processo de gelificação.

Tratamento	Variáveis Independentes			Resposta		
	%	%		Ca ⁺⁺		
	Alginato de Sódio	[CaCl ₂ . 2H ₂ O]	pH	M	%	c.v (%)
1	1,1	1,3	3,8	0,1303	0,52	16,25
2	1,9	1,3	3,8	0,1012	0,40	17,43
3	1,1	2,3	3,8	0,1947	0,78	15,44
4	1,9	2,3	3,8	0,2238	0,89	17,56
5	1,1	1,3	6,2	0,1473	0,59	14,56
6	1,9	1,3	6,2	0,1430	0,45	17,81
7	1,1	2,3	6,2	0,1832	0,73	17,38
8	1,9	2,3	6,2	0,1277	0,51	17,64
9	0,8	1,8	5,0	0,1247	0,49	10,49
10	2,2	1,8	5,0	0,0638	0,26	16,62
11	1,5	1,0	5,0	0,0442	0,18	11,98
12	1,5	2,6	5,0	0,1906	0,76	16,70
13	1,5	1,8	3,0	0,1425	0,57	17,28
14	1,5	1,8	7,0	0,2238	0,89	17,56
15	1,5	1,8	5,0	0,1153	0,46	16,98
16	1,5	1,8	5,0	0,1219	0,49	17,41
17	1,5	1,8	5,0	0,1454	0,58	15,94

A regressão obtida para o teor de íons cálcio foi representada pela equação (codificada):

$$[Ca^{++}] = 0,1251 - 0,0092 A^2 + 0,0418 C + 0,0150 P + 0,0223 P^2 - 0,0134 AC - 0,0221 AP - 0,0354 CP \quad (\text{eq. 2})$$

Sendo: A = concentração de alginato; C = concentração de CaCl₂; P = pH.

A Tabela 9 apresenta a análise de variância para o teor de íons cálcio dos géis.

TABELA 9 – Análise de Variância para o teor de íons cálcio dos géis

Fonte de Variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média Quadrática	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,049626	7	0,007089	16,16	3,29
Resíduos	0,003948	9	0,0004386		
Falta de ajuste	0,003447	7	0,000492	1,97	19,35
Erro puro	0,000501	2	0,000251		

O coeficiente de determinação (R²) da regressão foi de 0,9285. O F da regressão foi significativo a 5%, indicando que o modelo é válido; a falta de ajuste não foi significativa (5%).

Analisando a Fig. 7 e a equação de regressão, observou-se que a concentração de íons cálcio nos géis não foi significativamente afetada pela concentração de alginato, sofrendo influência positiva da concentração de CaCl₂ e do pH.

A concentração de 1,1% de cloreto de cálcio, mesmo com o aumento do alginato de 0,8 até 2,2%, em pH entre 3,0 e 6,2, a concentração de íons Ca⁺⁺ foi baixa, entretanto sendo a máxima à medida que o pH aumentava.

A máxima concentração de cloreto de cálcio utilizada nesse trabalho, que foi de 2,6%, influenciou diretamente no teor de Ca⁺⁺ do gel, mesmo nas mesmas concentrações de alginato, em todas as faixas de pH, o que pode ser visualizado na Fig. 7.

Observou-se que em valores de pH mais baixos foi necessária a utilização de maiores concentrações de CaCl₂, enquanto que em pH mais altos tal percentagem foi menor para se obter o mesmo efeito. Quando o pH situava-se

entre 3,0 e 3,4, foi necessária uma alta concentração de cloreto de cálcio (1,9 a 2,6%) para se obter alta concentração de Ca^{++} no gel.

Em pH alto, em torno de 6,7, encontrou-se alta concentração de Ca^{++} nos géis mesmo com baixa concentração de alginato. Porém, em pH 5,0 foi necessária uma maior concentração de cloreto de cálcio (2,6%) em relação ao pH 7,0 (1,8%) em géis com a mesma concentração de alginato (1,5%), para se obter níveis próximos de íons cálcio nos mesmos.

Foi possível obter a maior concentração de Ca^{++} (0,89%) em pH 7,0 (gel 14) em relação a pH 3,0 (0,57%) (gel13), ambos com a mesma concentração de alginato (1,5%) e a mesma concentração de cloreto de cálcio (1,8%).

Da mesma forma, foi observado que em pH 5,0, nas mesmas concentrações de cloreto de cálcio e alginato (gel 15), a concentração de íons cálcio era menor quando comparada com gel 14 nas mesmas condições, em pH 7. Tais géis foram formulados com a mesma concentração de cloreto de cálcio (1,8%) e de alginato (1,5%), e apresentaram valores de Ca^{++} de 0,46% e 0,89%, respectivamente.

Dessa forma, pode-se obter a baixas concentrações de alginato (0,8%), e baixas concentrações de cloreto de cálcio (1,0%) na faixa de pH entre 6,2 a 7,0 maior teor de Ca^{++} no gel (Fig. 7) podendo-se assim ter Ca^{++} disponível para o processo de gelificação, utilizando baixas concentrações, tanto do hidrocolóide como do sal de cálcio, diminuindo custos e preservando-se as características sensoriais de sabor do produto.

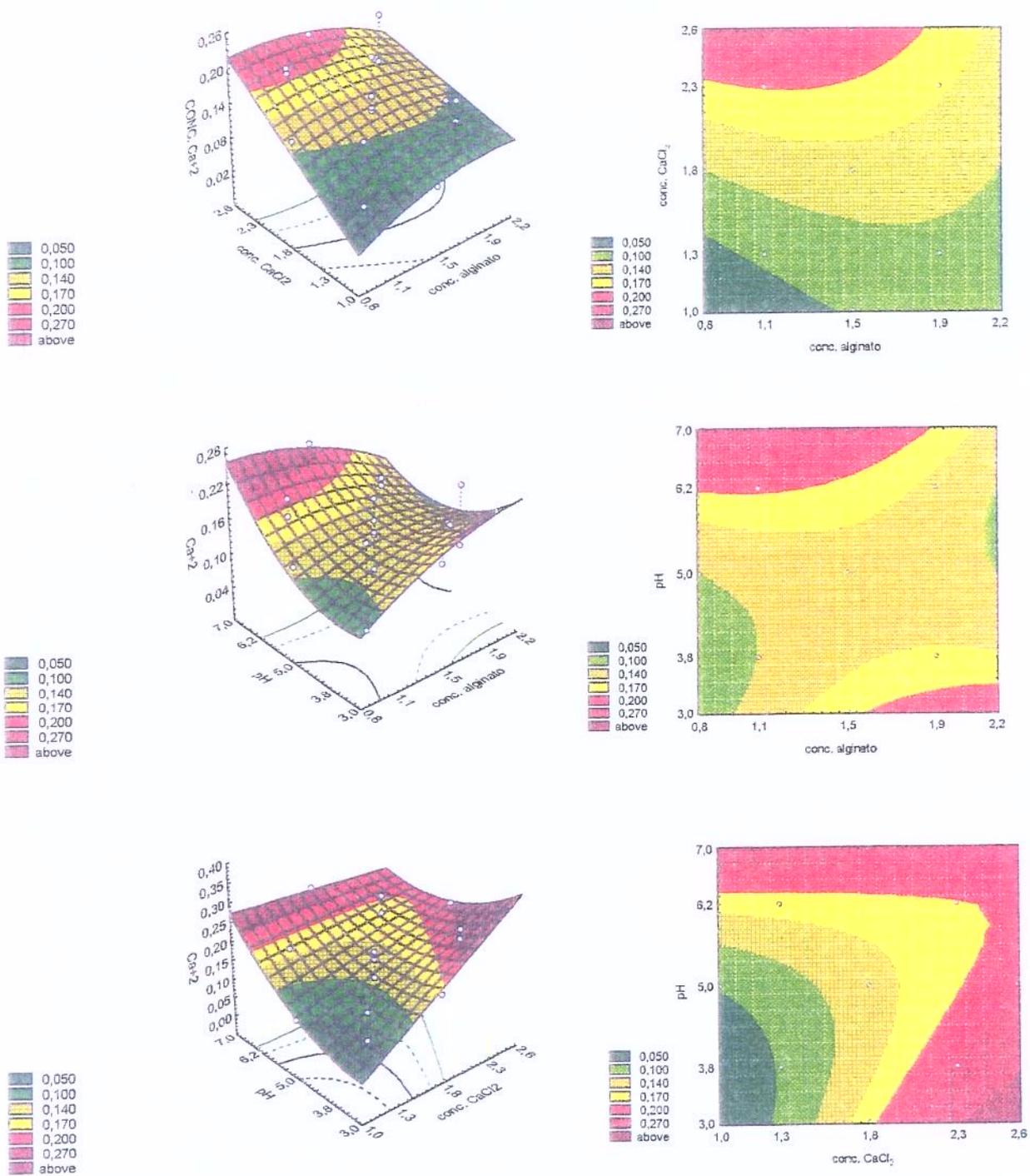


Figura 7. Superfície de resposta e curvas de contorno para a concentração de íons cálcio nos géis

4.4 Efeito das variáveis de processo no perfil instrumental de textura

Os dados experimentais da medida de textura instrumental através da Análise do Perfil de Textura (APT) realizada por compressão para cada tratamento, são mostrados na Tabela 10.

TABELA 10 - Média dos dados experimentais obtidos no APT instrumental para os atributos de Dureza, Elasticidade, Coesividade, Gomosidade e Mastigabilidade.

Tratamento	Variáveis Independentes			Respostas									
	%	%		Dureza		Elasticidade		Coesividade		Gomosidade		Mastigabilidade	
	Alginato Sódio	[CaCl ₂ . 2H ₂ O]	pH	Média	c.v (%)	Média	c.v (%)	Média	c.v (%)	Média	c.v (%)	Média	c.v (%)
1	1,1	1,3	3,8	1930,08	5,92	0,746	1,63	0,503	9,34	975,37	14,07	726,54	13,07
2	1,9	1,3	3,8	2268,57	5,54	0,865	1,51	0,602	1,51	1366,09	4,73	1182,37	5,15
3	1,1	2,3	3,8	2140,43	10,16	0,779	1,27	0,562	2,14	1201,12	8,54	935,27	7,91
4	1,9	2,3	3,8	4137,13	8,57	0,761	1,13	0,546	1,38	2256,39	7,47	1716,79	6,63
5	1,1	1,3	6,2	2123,33	2,94	0,737	1,27	0,528	1,56	1121,39	2,76	826,41	2,24
6	1,9	1,3	6,2	5028,67	3,29	0,803	6,98	0,602	5,53	2994,60	3,18	2440,62	3,51
7	1,1	2,3	6,2	1481,15	7,69	0,692	2,79	0,567	2,04	839,69	7,71	580,27	6,19
8	1,9	2,3	6,2	4846,22	5,63	0,722	0,71	0,557	1,08	2696,39	4,68	1946,55	4,76
9	0,8	1,8	5,0	1591,74	17,5	0,673	2,38	0,543	2,43	864,49	17,33	579,8	15,29
10	2,2	1,8	5,0	3688,69	19,29	0,812	2,49	0,583	4,34	2148,23	2,27	1748,05	21,56
11	1,5	1,0	5,0	1930,09	5,92	0,746	1,63	0,503	9,39	975,37	14,77	726,54	13,07
12	1,5	2,6	5,0	3727,43	6,44	0,718	3,02	0,556	1,12	2071,19	6,04	1487,39	7,71
13	1,5	1,8	3,0	2976,83	4,84	0,809	1,95	0,560	0,69	1665,23	4,30	1347,52	4,29
14	1,5	1,8	7,0	4834,35	6,83	0,736	3,63	0,558	1,41	2696,47	5,69	1984,60	6,52
15	1,5	1,8	5,0	3205,21	13,30	0,747	2,73	0,526	12,93	1692,3	19,25	1268,59	20,12
16	1,5	1,8	5,0	3695,27	10,07	0,755	1,86	0,543	2,07	2000,92	8,16	1509,23	6,73
17	1,5	1,8	5,0	5058,56	13,93	0,766	1,18	0,556	2,05	2804,68	11,75	2146,91	10,58

Esses resultados também podem ser visualizados através dos gráficos de curvas de contorno e superfície, além da análise de regressão correspondente às respostas de cada um dos atributos avaliados.

4.4.1 Comportamento dos géis quanto à dureza

A regressão obtida para a resposta dureza foi representada na forma codificada pela seguinte equação:

$$\text{DUREZA} = 3942,45 + 862,37 A - 472,78 A^2 + 287,19 C - 406,12 C^2 + 474,63 P + 309,11 AC + 447,54 AP - 407,30 CP \quad (\text{eq. 3})$$

Sendo: A = concentração de alginato; C = concentração de CaCl_2 ; P = pH.

A análise de variância (ANOVA) para a dureza está apresentada na Tabela 11.

TABELA 11 – Análise de variância para dureza dos géis

FONTE DE VARIACÃO	Soma Quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	1210844	8	151355,5	8,12	3,44
Resíduos	1491181	8	186397,6		
Falta de ajuste	1306728	6	217788	0,236	19,33
Erro puro	1844563	2	922281		

O valor do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,8746. O F da regressão foi significativo a 5%, indicando a validade do modelo; a falta de ajuste foi não significativa.

Analisando-se a Fig. 8 (correspondente à resposta dureza) e a equação referente a esta resposta, observa-se uma predominância desse atributo numa faixa de 2.000 a 4.000 gramas.

Os resultados mostram que as três variáveis tiveram efeito positivo sobre a dureza, ou seja, aumentaram com o aumento da concentração de alginato, cloreto de cálcio e pH.

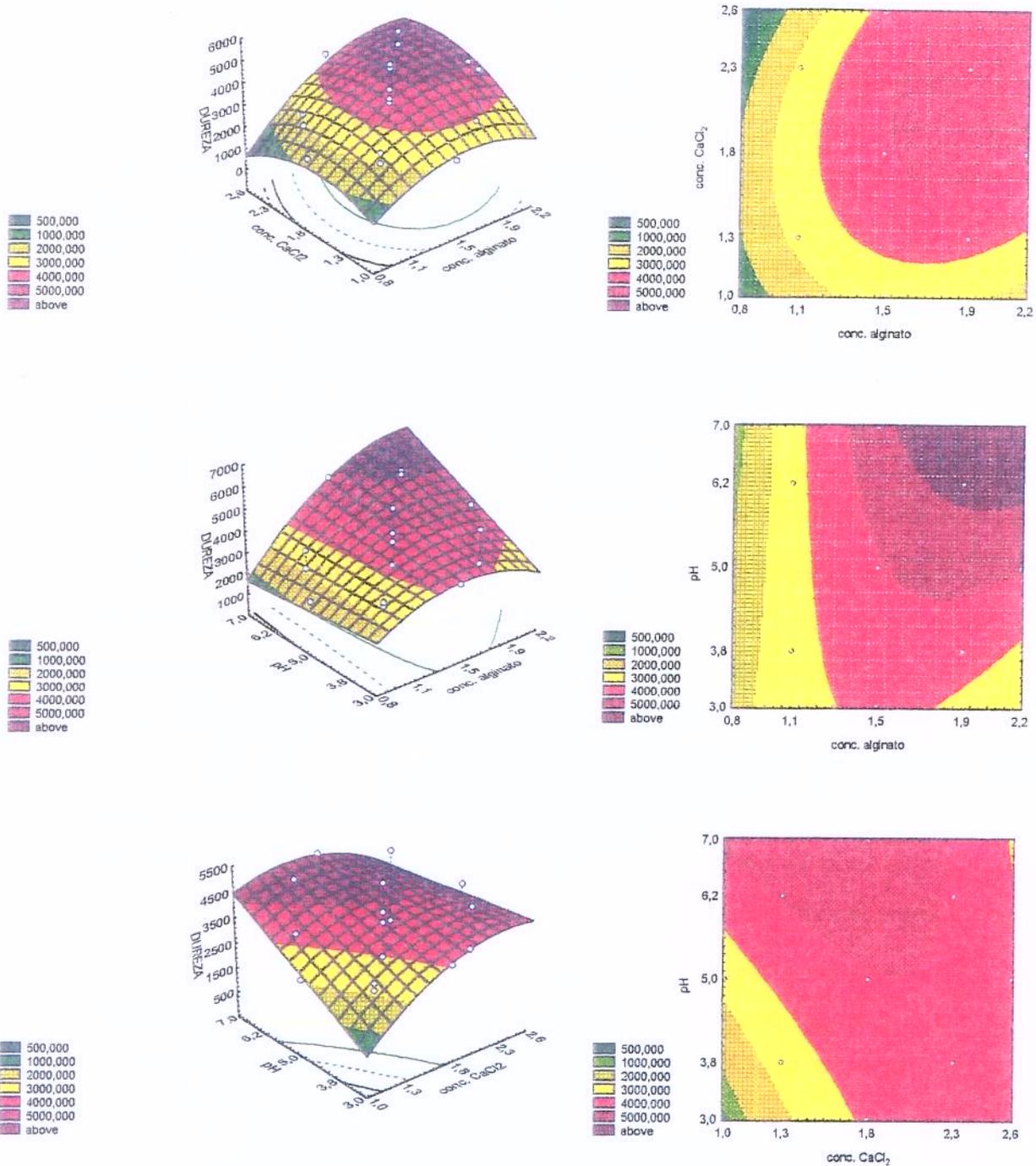


Figura 8. Superfícies de resposta e curvas de contorno para dureza dos géis

Para se obter produtos com alta dureza, acima de 4.000 g, na mesma faixa de pH, deve-se aumentar a concentração de alginato, acima de 1,5%, sendo que a concentração de cloreto de cálcio já não apresenta efeito sobre este atributo.

Os resultados mostram que é possível a concentração de alginato menor que 0,9%, mesmo com aumento da concentração de cloreto de cálcio; isso não resultou em um aumento desse atributo, demonstrando dessa forma ser o alginato o fator mais diretamente responsável pela dureza. Concentrações menores de alginato em toda a faixa de pH estudada (3,0 a 7,0), estiveram associadas à dureza baixa.

Quando foi avaliado o pH versus concentração de alginato, observou-se que, com o aumento do pH, necessitava-se de menor concentração de cloreto de cálcio para se obter alta dureza do gel. Isto pode ser constatado quando se avaliou a concentração de íons cálcio nos géis (Fig. 7).

Também foram obtidos géis em uma faixa de menor dureza, 500 a 1.000 gramas, com baixa concentração de cloreto de cálcio, 1,5% de alginato em pH de 3,0 a 3,8. Géis também com dureza baixa foram obtidos com combinações de baixas concentrações de alginato (0,8% a 1,0%) e de cloreto de cálcio (1,0 a 1,3%) em pH 5,0.

Quando se avaliou pH versus concentração de cloreto de cálcio, verificou-se que pode se obter géis com menor concentração do hidrocolóide, fato interessante para a indústria de alimentos, por ser esta variável a de maior custo.

Os resultados também mostraram que géis com dureza intermediária, 2.000 a 3.000 gramas, podem ser obtidos a baixas concentrações de alginato, numa ampla faixa de pH (3,0 a 6,0), numa concentração média de cloreto de cálcio (1,8%).

4.4.2 Comportamento dos géis em relação à elasticidade

A regressão obtida para a resposta elasticidade foi representada na forma codificada pela equação abaixo:

$$\text{ELASTICIDADE} = 0,7544 + 0,0282 A - 0,0073 C - 0,0211 P + 0,0120 P^2 - 0,0396 AC - 0,0146 AP + 0,0116 CP \quad (\text{eq. 4})$$

Sendo: A = concentração de alginato; C = concentração de CaCl₂; P = pH.

A análise de variância (ANOVA) para a elasticidade está apresentada na Tabela 12.

TABELA 12 – Análise de variância para elasticidade dos géis

FONTES DE VARIACÃO	Soma Quadrática	Graus de liberdade	Média Quadrática	F _{calc.}	F _{tab.}
Regresso	0,09	7	0,00498	10,19	0,29
Resíduos	0,0044	9	0,000489		
Falta de ajuste	0,0042	7	0,0006	0,59	19,35
Erro puro	0,0002	2	0,000091		

O valor de R² foi de 0,8879. O F da regressão foi significativo a 5%, indicando a validade do modelo; a falta de ajuste foi não significativa.

O atributo elasticidade pode ser analisado através da Fig. 9, nas três superfícies correspondentes às variáveis alginato, cloreto de cálcio e pH.

Os resultados obtidos para o parâmetro elasticidade foram predominantes na faixa de 0,750 a 0,800 (s). Verificou-se que, à medida em que se aumentava a concentração de alginato, mesmo a baixas concentrações de

CaCl₂, a elasticidade aumentava. Também foi observado o mesmo efeito a baixas concentrações de alginato e alta concentração de CaCl₂,

Obteve-se valores acima de 0,800(s) de elasticidade, quando a concentração de alginato era maior que 1,9%, e a de CaCl₂ entre 1,0 e 1,3%. Já valores entre 0,700 a 0,750(s), foram conseguidos em baixas concentrações de alginato e de cloreto de cálcio.

Em relação ao pH, os maiores valores de elasticidade foram encontrados quando o mesmo se situava entre 3,0–3,5. Com o pH alto, mesmo aumentando-se a concentração de alginato, a elasticidade não aumentou significativamente, mostrando uma tendência da elasticidade em aumentar com o incremento da concentração de alginato, com a redução da concentração de CaCl₂ e do pH.

Por isso, acredita-se que se pode obter géis de pouca elasticidade, em baixas concentrações de alginato e de cloreto de cálcio a pH 5,0, bem como, também seja possível, experimentalmente, obter esses géis a baixas concentrações de alginato, teores médios de CaCl₂ (1,8%) e pH entre 3,0 e 7,0.

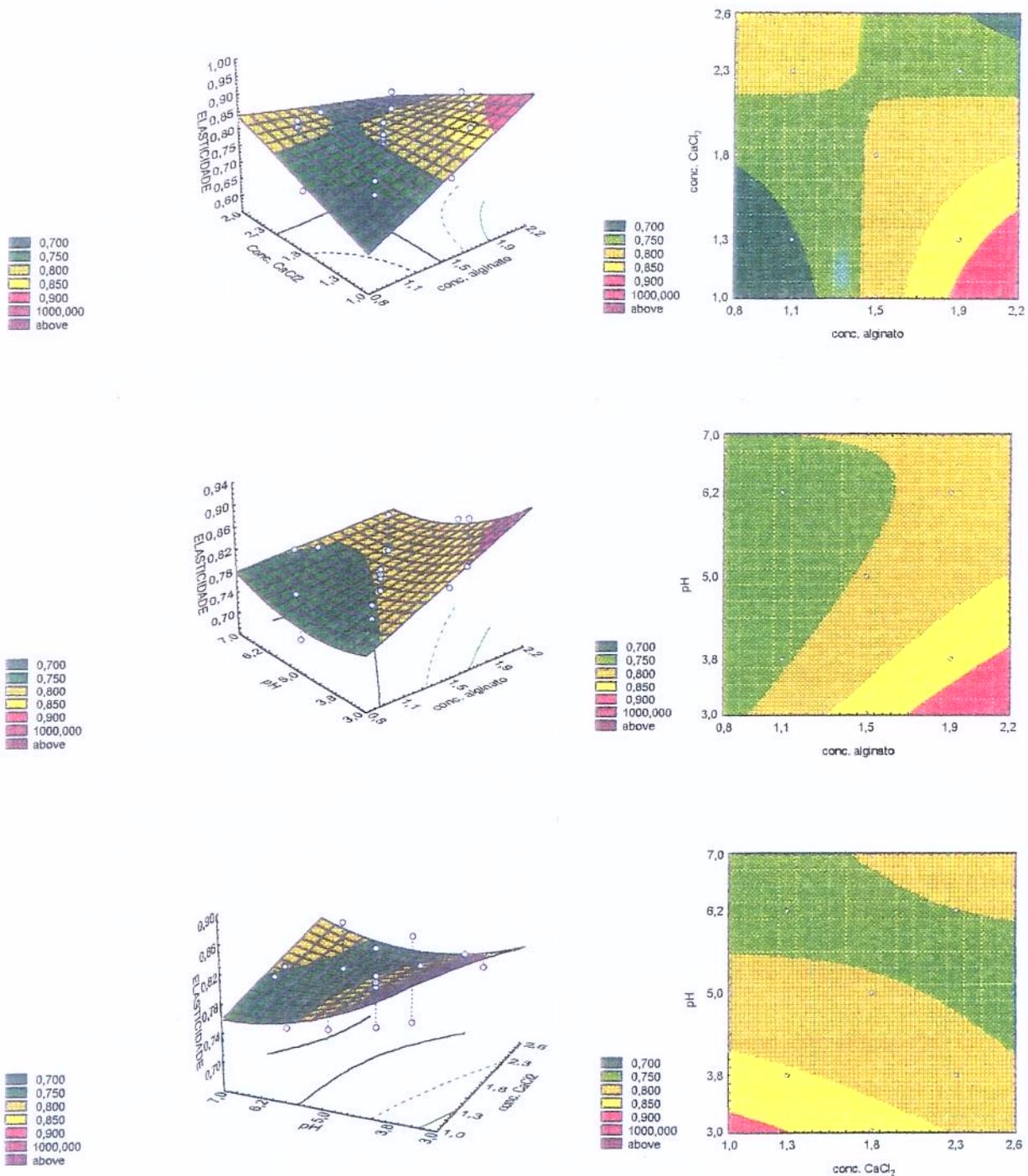


Figura 9. Superfícies de resposta e curvas de contorno para elasticidade dos géis.

4.4.3 Comportamento dos géis em relação em relação à gomosidade

A regressão obtida para a resposta gomosidade foi representada na forma codificada pela equação abaixo:

$$\text{GOMOSIDADE} = 2154,68 + 525,11 A - 230,16 A^2 + 161,09 C - 222,41 C^2 + 264,70 P + 103,52 AC + 262,95 AP - 234,38 CP \quad (\text{eq. 5})$$

Sendo: A = concentração de alginato; C = concentração de CaCl₂; P = pH.

A análise de variância (ANOVA) para a gomosidade está apresentada na Tabela 13.

TABELA 13 – Análise de variância para gomosidade dos géis.

FONTE DE VARIAÇÃO	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média Quadrática	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	7860156	8	982519,5	6,85	3,44
Resíduos	1146799	8	14349,87		
Falta de ajuste	487234	6	81205,67	0,25	19,33
Erro puro	659565	2	329782,5		

O valor do coeficiente de determinação (R²) foi de 0,8624. O F da regressão foi significativo a 5%, indicando a validade do modelo, e a falta de ajuste foi não significativa.

Pode-se observar, pela Fig. 10 e pela equação correspondente à gomosidade (eq. 5), que as três variáveis independentes têm efeito positivo sobre essa resposta, em especial a concentração de alginato. Para este atributo as faixas predominantes foram de 1.500 a 2.300 g.

Existe uma tendência dessa resposta aumentar com o aumento da concentração de alginato e de cloreto de cálcio, sendo que, quanto maior o pH, menor o efeito da percentagem de cloreto de cálcio; porém, a pH 5,0, se minimiza a gomosidade a baixas concentrações de CaCl_2 e de alginato.

Em diferentes faixas de pH, a gomosidade aumenta com o aumento da concentração de alginato. Por isso é possível obter-se, experimentalmente, valores de gomosidade inferiores de 1200, com 0,8–1,0% de alginato, 1,8% de CaCl_2 e pH 3,0 a 7,0; ou a reduzidas concentrações de cloreto de cálcio, baixo pH, em concentrações de 1,5% de alginato.

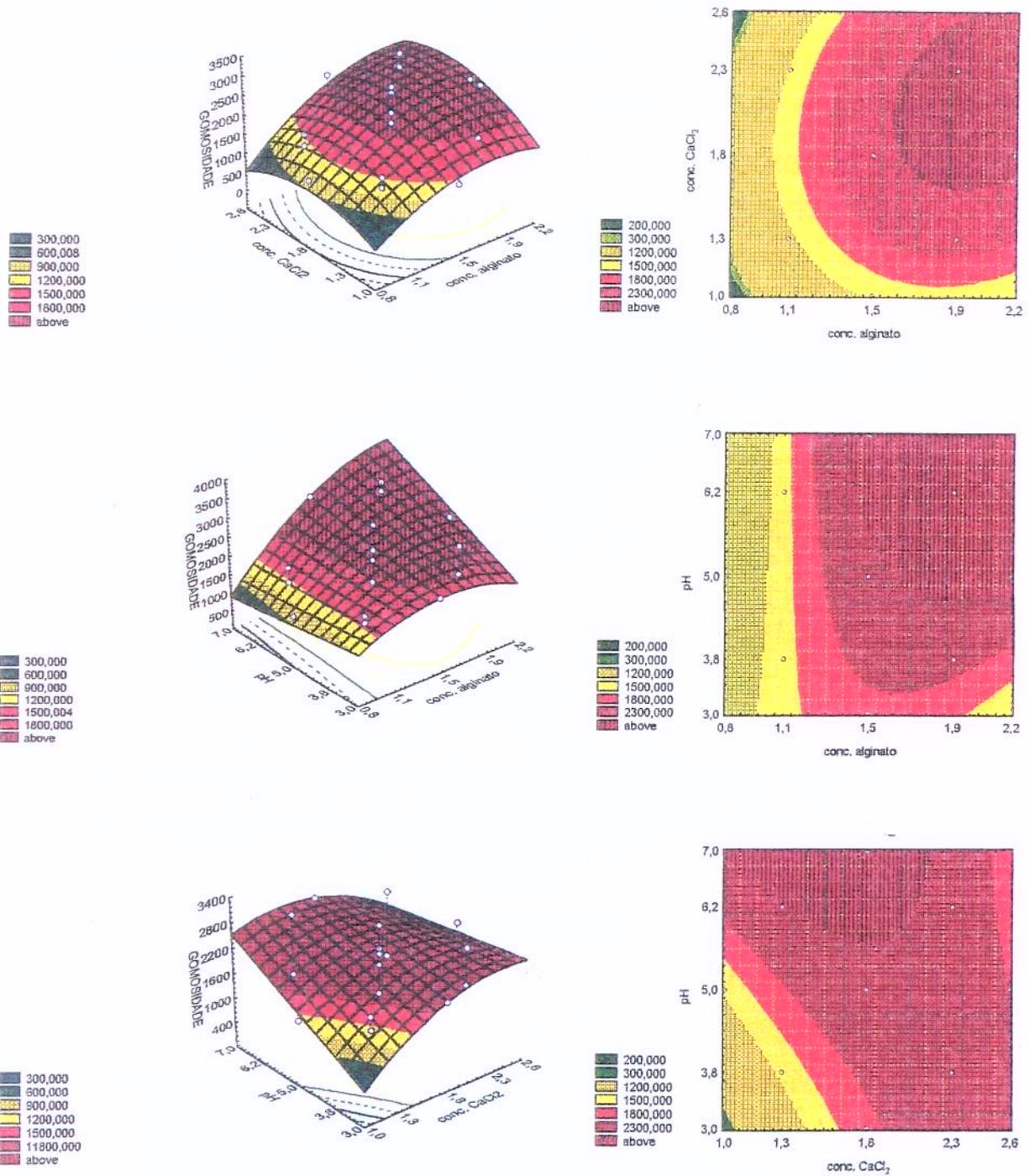


Figura 11. Superfícies de resposta e curvas de contorno para gomosidade dos géis

4.4.4 Comportamento dos géis em relação à mastigabilidade

A regressão obtida para a resposta gomosidade foi representada na forma codificada pela equação abaixo:

$$\text{MASTIGABILIDADE} = 1689,37 + 454,64 A - 163,11 A^2 + 92,85 C - 215,74 C^2 + 177,94 P + 211,19 AP - 210,31 CP \quad (\text{eq. 6})$$

Sendo: A = concentração de alginato; C = concentração de CaCl_2 ; P = pH.

A análise de variância (ANOVA) para a mastigabilidade está apresentada na Tabela 14.

TABELA 14 – Análise de variância para mastigabilidade dos géis

Fonte de variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	4987093	7	712441,9	15,03	3,29
Resíduos	426607	9	47400,8		
Falta de ajuste	333046	7	47578	0,24	19,35
Erro puro	393561	2	196780,5		

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,8692. O F da regressão foi significativo a 5%, indicando que o modelo é válido; a falta de ajuste não foi significativa.

A mastigabilidade nos diferentes géis (Fig. 11) aumenta com o aumento da concentração de alginato e de CaCl_2 . O efeito do pH, por sua vez, é menos pronunciado, pouco afetando esse atributo.

Dentro das faixas estudadas, pode-se obter menor mastigabilidade, entre 500 a 2.000, em baixas concentrações de alginato, indiferentemente da concentração de cloreto de cálcio em pH 5,0. O mesmo se verifica em pH inferiores, em concentração menores de cloreto de cálcio e média de alginato (1,5%); ou também, a pH mais alto (3,8 a 7,0) e em concentração média de cloreto de cálcio (1,8%) e baixo teor de alginato.

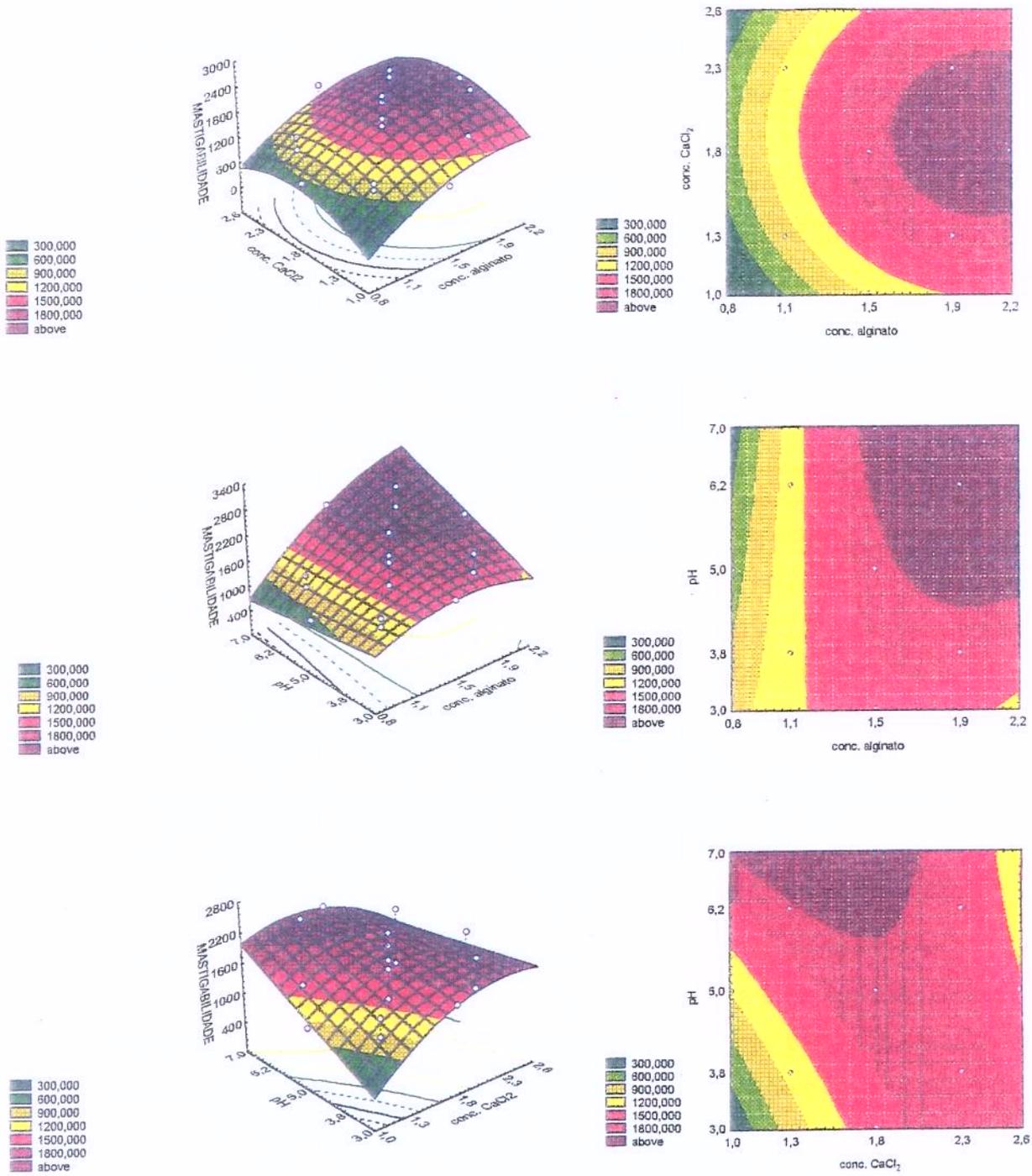


Figura 11. Superfícies de resposta e curvas de contorno para mastigabilidade dos géis.

4.4.5 Comportamento dos géis em relação à coesividade

A equação abaixo representa, na forma codificada, a regressão obtida para a coesividade dos géis:

$$\text{COESIVIDADE} = 0,5514 + 0,0169 A + 0,0066 A^2 + 0,0106 C - 0,0114 C^2 + 0,0019 P + 0,0025 P^2 - 0,0219 AC - 0,0080 AP \quad (\text{eq. 7})$$

Sendo: A = concentração de alginato; C = concentração de CaCl₂; P = pH.

A Tabela 15 apresenta a ANOVA para a coesividade dos géis.

TABELA 15 – Análise de variância para coesividade dos géis

Fonte de variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,0119	8	0,0015	5	3,44
Resíduos	0,0025	8	0,0003		
Falta de ajuste	0,0020	6	0,00033	1,32	19,33
Erro puro	0,0005	2	0,00025		

A regressão tem um coeficiente de determinação (R²) de 0,8358. O F da regressão foi significativo a 5%, indicando a validade do modelo; a falta de ajuste não foi significativa (5%).

Observa-se, a partir da Fig. 12 e da regressão para coesividade, que a concentração de alginato é a variável de maior efeito sobre a resposta. Entretanto, a coesividade tem pouca variação em função das variáveis, nas faixas estudadas. O pH é a variável de menor efeito sobre essa resposta, podendo-se dizer que a coesividade é praticamente indiferente ao pH.

Para o coesividade, observa-se uma predominância nas faixas de 500 a 600, porém pode-se obter géis com menor coesividade a baixas concentrações de alginato e cloreto de cálcio (0,8 a 1,2% e 1,0 e 1,0 a 1,3%) em pH 5,0.

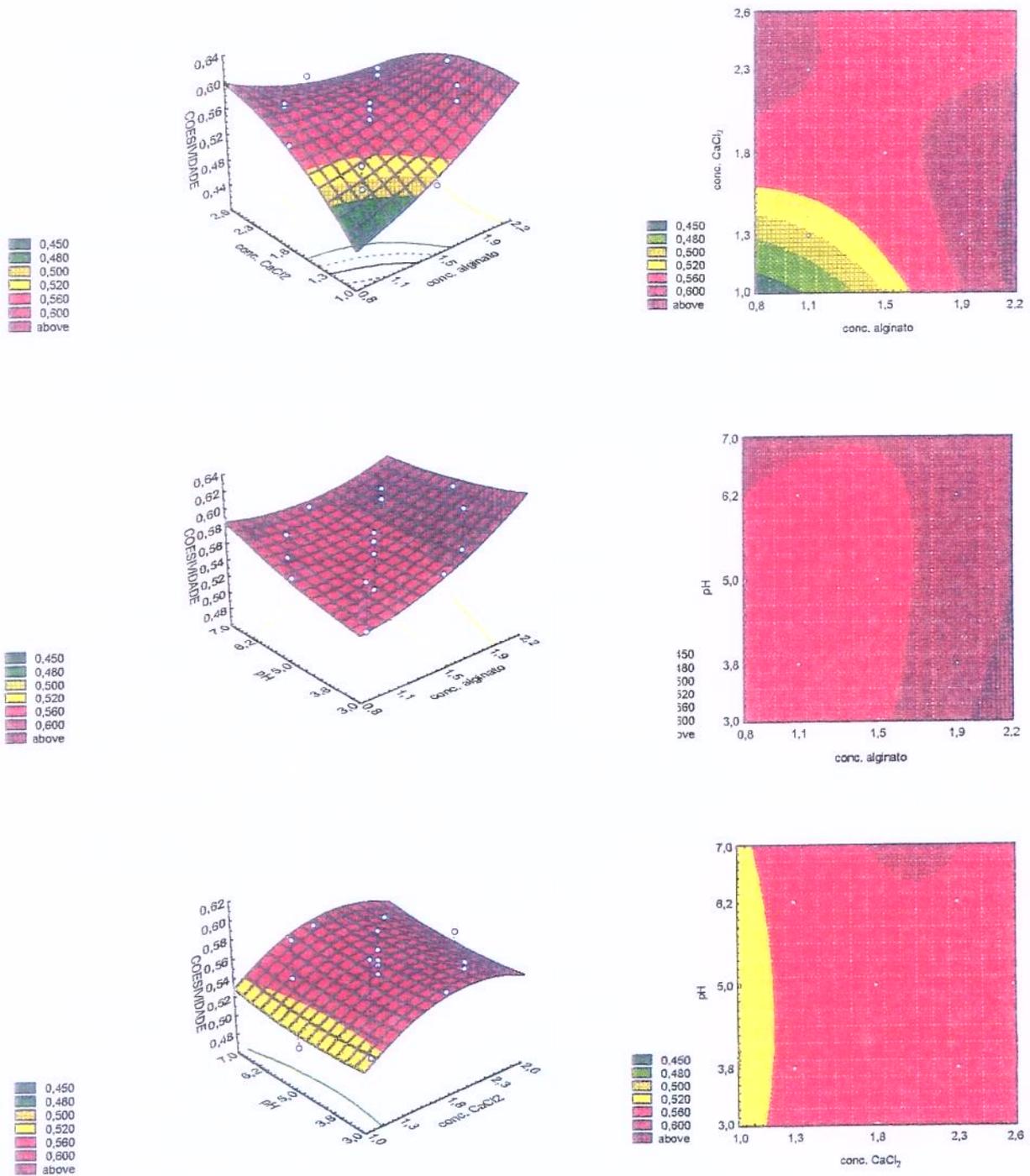


Figura 12 Superfícies de resposta e curvas de contorno para coesividade dos géis.

4.4.6 Maximização e minimização das respostas

A depender da finalidade a que se destinam os géis obtidos, que podem atender a uma grande variedade de produtos reestruturados de frutas e hortaliças, pode ser requerida uma maxi ou minimização de determinada(s) resposta(s).

A partir dos resultados obtidos procurou-se indicar as tendências de comportamento das características dos géis em função das variáveis de processo, além de indicar quais as condições experimentais mais adequadas para atingir valores máximos ou mínimos dessas características. A Tabela 16 indica as condições experimentais que maximizam cada uma das respostas, e a Tabela 17 indica as condições de minimização das mesmas.

TABELA 16 - Condições experimentais de maximização das respostas.

Resposta	Valor predito	% alginato	% CaCl ₂	PH
Dureza	4000	1,8 - 2,2	1,8 - 2,1	5,5 – 7,0
Elasticidade	0,8	1,9 – 2,2	1,0 – 1,3	3,0 – 3,5
Gomosidade	2300	1,7 – 2,2	1,8 – 2,1	6,2 – 7,0
Mastigabilidade	1800	1,8 2,2	1,6 – 2,0	6,2 – 7,0
Coesividade	0,56	1,9 – 2,2	1,0 – 2,1	3,0 – 7,0

TABELA 17 - Condições experimentais de minimização das respostas.

Resposta	Valor predito	% alginato	% CaCl ₂	PH
Dureza	< 2000	0,8 – 0,9	1,0 – 1,2	3,0 – 3,8
Elasticidade	< 0,73	0,8 – 1,1	1,0 – 1,8	4,8 – 6,0
Gomosidade	< 1200	0,8 – 1,0	1,0 – 1,2	3,0 – 3,8
Mastigabilidade	< 900	0,8 – 0,9	1,0 – 1,2	3,0 – 3,8
Coesividade	< 0,5	0,8 – 1,1	1,0 – 1,3	5,0

4.4.8 Correlações entre as respostas instrumentais

A correlação entre as respostas da Análise do Perfil de Textura Instrumental e da concentração de íons cálcio medida nos géis está apresentada na Tabela 18. Observa-se que as maiores correlações foram: dureza x gomosidade (0,93 $p < 0.0001$); dureza x mastigabilidade (0,96 $p < 0.0001$); e gomosidade x mastigabilidade (0,89 $p < 0.0001$)

TABELA 18 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as médias das características instrumentais e da concentração de Ca^{++} nos géis

	DUREZ	ELASTI	COESI	MASTI	GOMO	[Ca ⁺⁺]
DUREZ	1					
ELASTI	0.0736 (0.7512)	1				
COESI	0.3498 (0.1201)	0.5404 (0.001)	1			
MASTI	0.9613 (0.0001)	0.3184 (0.1595)	0.5240 (0.01)	1		
GOMO	0.9303 (0.0001)	0.1271 (0.5629)	0.3054 (0.1782)	0.8914 (0.0001)	1	
ADESI	-0.2934 (0.1967)	0.2097 (0.3616)	-0.0133 (0.9545)	-0.1875 (0.4157)	-3.2013 (0.1571)	1
[Ca ⁺⁺]	0,34	-0,07	0,35	0,28	0,33	1

(Números entre parênteses representam os níveis de significância de r)

Legenda:

DUREZ - dureza
 ELASTI - elasticidade
 COESI - coesividade
 MASTI - mastigabilidade
 GOMOS - gomosidade
 ADESI - adesividade
 [Ca⁺⁺] - concentração de íons cálcio

Outra maneira utilizada neste trabalho para visualizar as correlações entre tais parâmetros, foi através da sobreposição dos gráficos de superfície de respostas. As respostas para cada um dos atributos assim visualizados foram correlacionadas à dureza, com o objetivo de facilitar a formulação de um reestruturado, levando em consideração as concentrações de alginato, cloreto de cálcio e pH, onde os atributos de elasticidade, gomosidade, mastigabilidade, coesividade e a concentração de íons cálcio, fossem teoricamente e experimentalmente definidos. Essas correlações foram realizadas com auxílio dos gráficos que estão apresentados nas Figuras. 13 e 17.

4.4.8.1 Correlação das Respostas Dureza/Concentração de Íons Cálcio [Ca⁺⁺]

Ocorreu uma baixa correlação (0,34) entre o atributo de dureza e a concentração de Ca⁺⁺ nos géis; no entanto, através dos gráficos de superfície (Fig. 14), foi observado que mesmo a baixas concentrações de Ca⁺⁺, obteve-se géis em todas as faixas de dureza que variaram de 500 a acima de 5.000 dependentemente das três variáveis estudadas.

Em relação ao pH, em pH 3,0 a dureza situou-se numa faixa de 500 a 4.000 e a concentração de Ca, variando de 0,050 a 0,270M. Já em pH 5,0, com as mesmas [Ca⁺⁺], obteve-se faixas de dureza maiores, de 1.000 a 5.000 g. Em pH 7,0, nas mesmas condições experimentais, foram maiores as concentrações de Ca⁺⁺ (0,20 e 0,270 M) nas mesmas faixas de dureza, observando-se, no entanto, que as maiores faixas de dureza, 4.000 e acima de 5.000 g, corresponderam a [Ca⁺⁺] de 0,05 a 0,170M, sendo que a menor [Ca⁺⁺] (0,05 M) correspondeu a maior faixa de dureza (acima de 5.000 g) quando o pH era 7,0.

Pode-se dizer que, à medida que o pH aumenta, mesmo a baixas concentrações de alginato e de cloreto de cálcio, a [Ca⁺⁺] aumenta, porém quando se correlaciona com os gráficos de superfície, para o atributo dureza nota-se que

se obtém géis nas mesmas faixas de dureza, tanto a altas como a baixas $[Ca^{++}]$. Pode-se ter géis muito duros (acima de 5.000 g) em pH 7,0, com alta concentração de alginato e cloreto de cálcio, embora a $[Ca^{++}]$ mensurada tenha sido baixa.

Também pode-se observar que em pH baixo (3,0), só se tem altas $[Ca^{++}]$ em altas concentrações de cloreto de cálcio, sendo a concentração de alginato variável da mais baixa à mais alta, porém a faixa de dureza é média, variando de 2.000 a 4.000 gramas.

A qualquer concentração de alginato (0,82 a 2,2%) com 1% de cloreto de cálcio em pH variável 3,0 a 5,0, obteve-se com 0,05M Ca^{++} , géis com dureza de 500 a 2.000 g.

Em pH 7, a esta mesma concentração de Ca^{++} (0,05M), os géis apresentaram dureza na faixa de 4.000 a acima de 5.000 g, porém concentração de alginato de 2,2% e de cloreto de cálcio acima de 1,8%.

Observou-se dureza de 4.000 e até mesmo acima de 5.000 g em pH alto, $[Ca^{++}]$ que variaram de 0,05M a 0,17M, a altas concentrações de alginato, mesmo a baixas concentrações de cloreto de cálcio; já a baixas concentrações de alginato, esta dureza só ocorreu quando se aumentou a concentração de cloreto de cálcio, independentemente do pH.

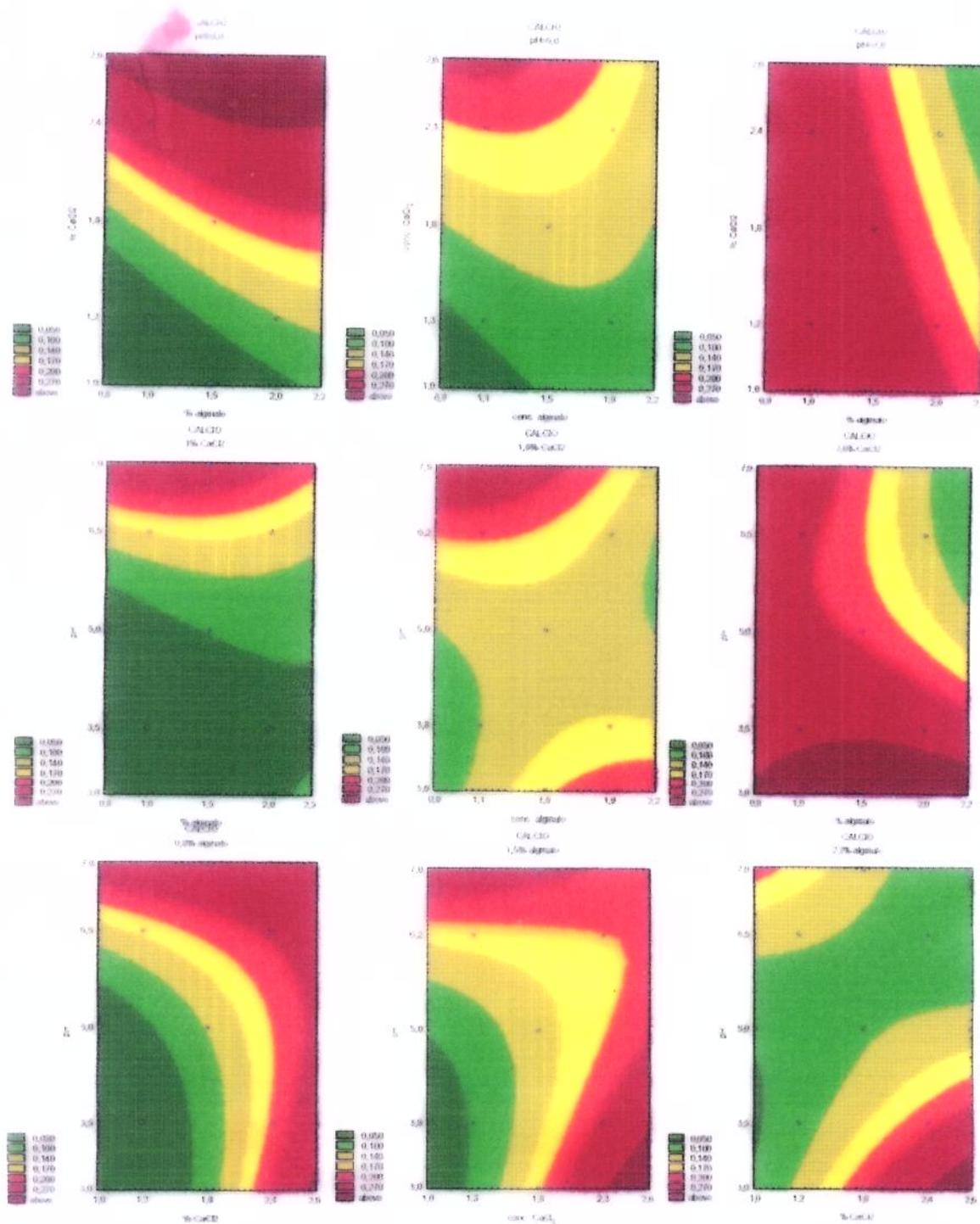


Figura 13. Efeito das variáveis de processo nas concentrações de íons cálcio nos géis.
As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

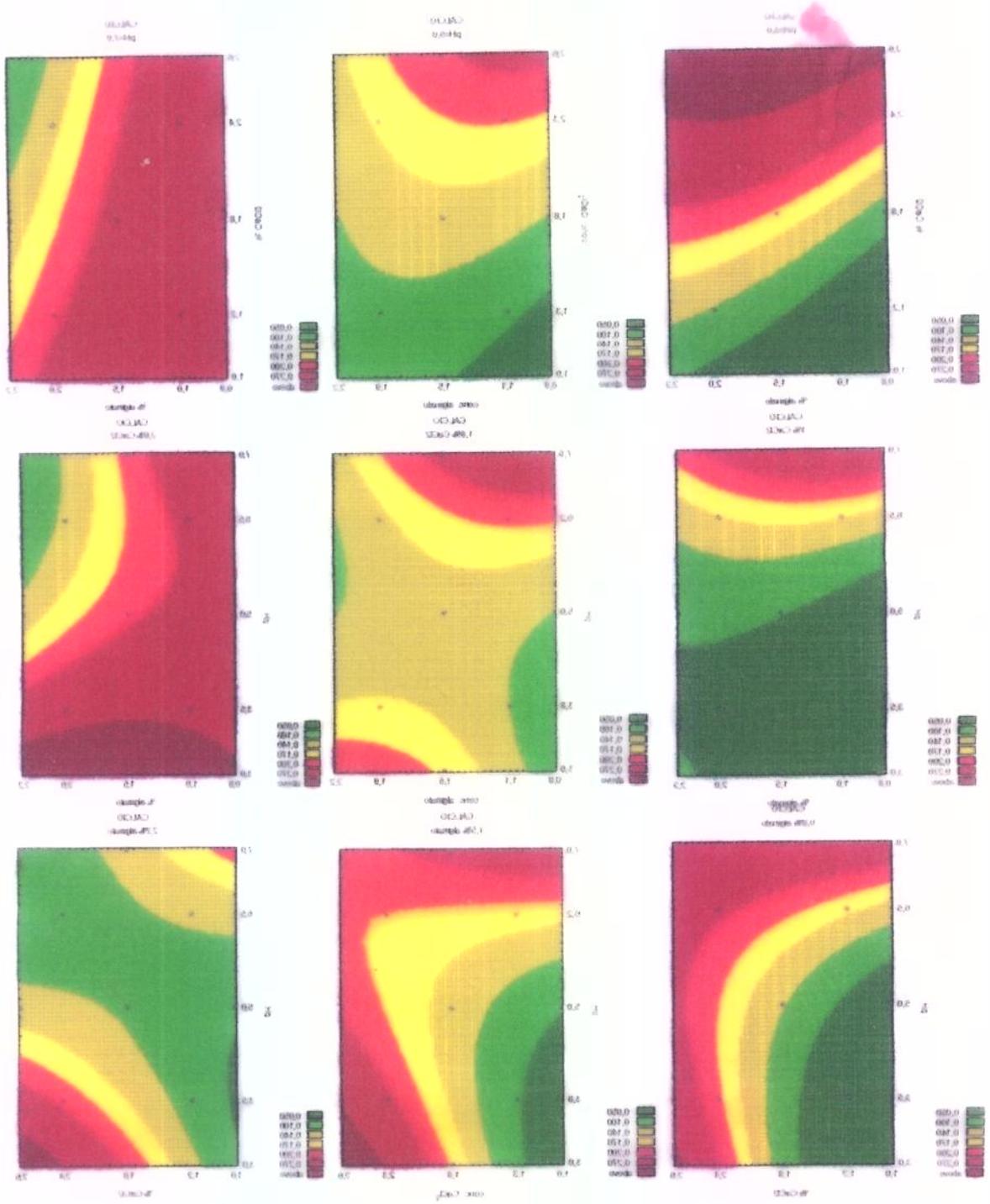


Figura 13. Efeito das variáveis de processo nas concentrações de íons cálcio nos géis. As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

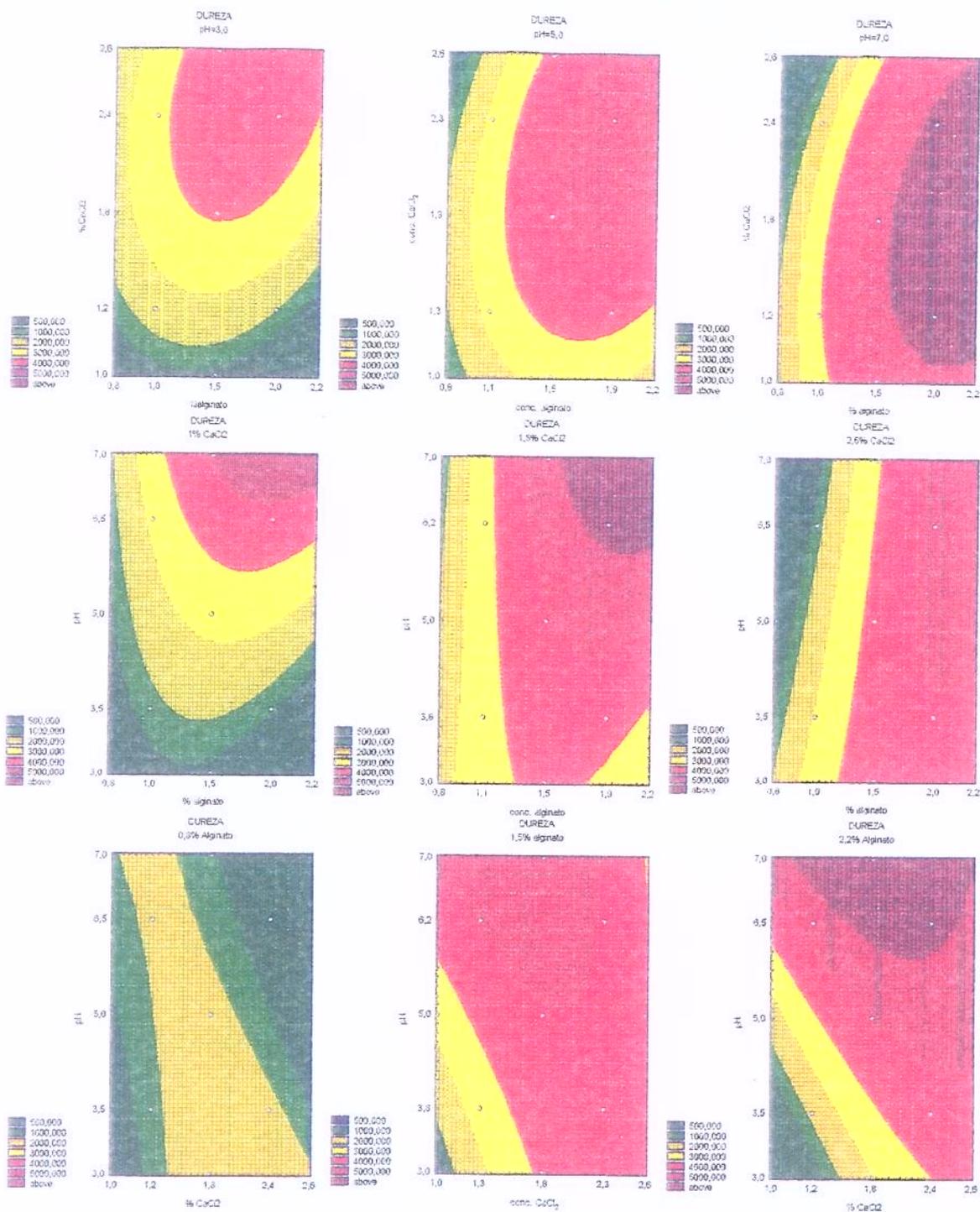


Figura 13 a. Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.
As tres variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

4.4.7.2 Correlação das respostas Dureza/Elasticidade

Quando se correlaciona a dureza com baixas faixas de elasticidade, entre 700 a 750 s, verifica-se que a concentração de alginatos varia de 0,8 a 1,8%, bem como os géis contêm reduzidas concentrações de CaCl_2 , e a dureza aumenta com o aumento do pH, como por exemplo, a pH 3,0 de 500 – 1.000, em pH 5 de 1.000 a 3.000 e em pH 7,0 de 2.000 a 5.000 g.

Quando a concentração de CaCl_2 é de 1% e de alginato de 0,8 a 1,0% em todas as faixas de pH, a elasticidade foi baixa entre 700 a 850 s, enquanto a dureza aumentava com o aumento do pH, cujos valores variavam entre 500 a 5.000 g. Por outro lado observou-se que com o aumento da concentração de CaCl_2 , a baixas concentrações de alginato, a elasticidade sofreu incremento, atingindo o máximo valor de 850 s quando a concentração do sal de cálcio foi de 2,6%; no entanto, a dureza, nessas condições, variou entre 1.000 a 3.000 s. Quando a concentração de CaCl_2 era baixa e a do hidrocolóide aumentou de 0,8 a 2,2% a elasticidade foi maior, chegando no valor máximo acima de 1.000 s, enquanto a dureza diminuía de valores de 2.000 a 1.000 para 1.000 a 500 g.

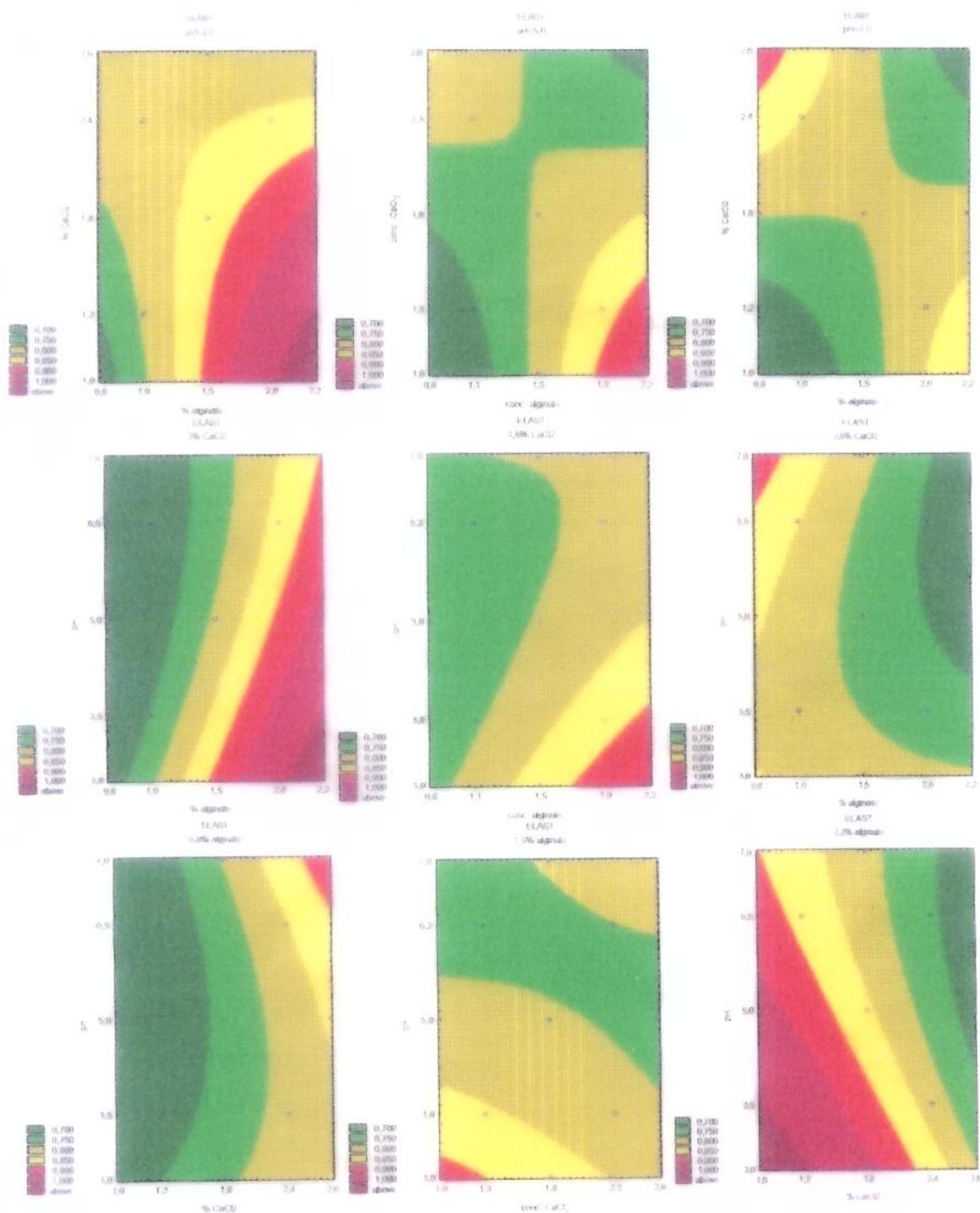


Figura 14. Efeito das variáveis de processo na elasticidade dos géis. As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

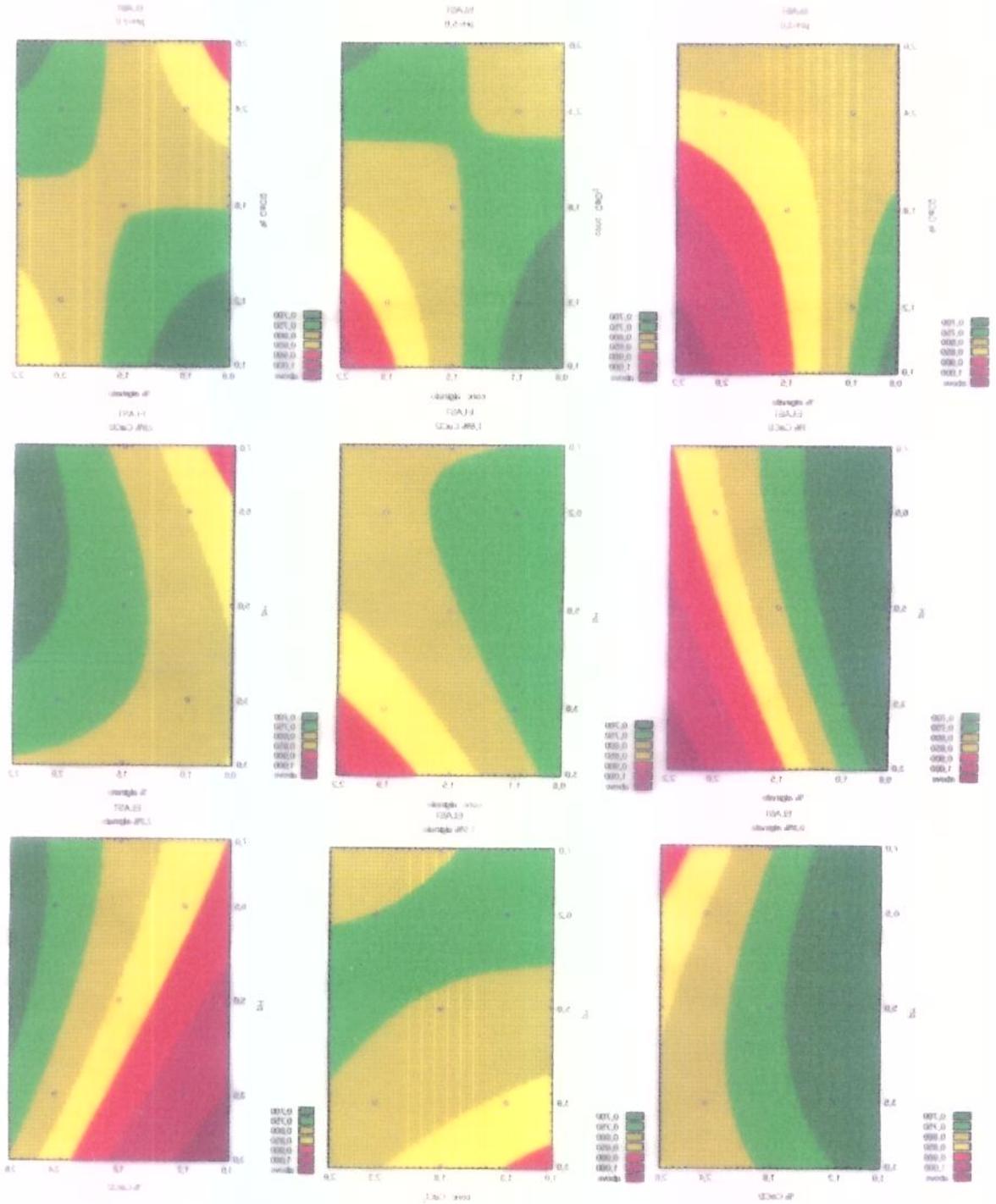


Figura 14. Efeito das variáveis de processo na elasticidade dos gases. As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

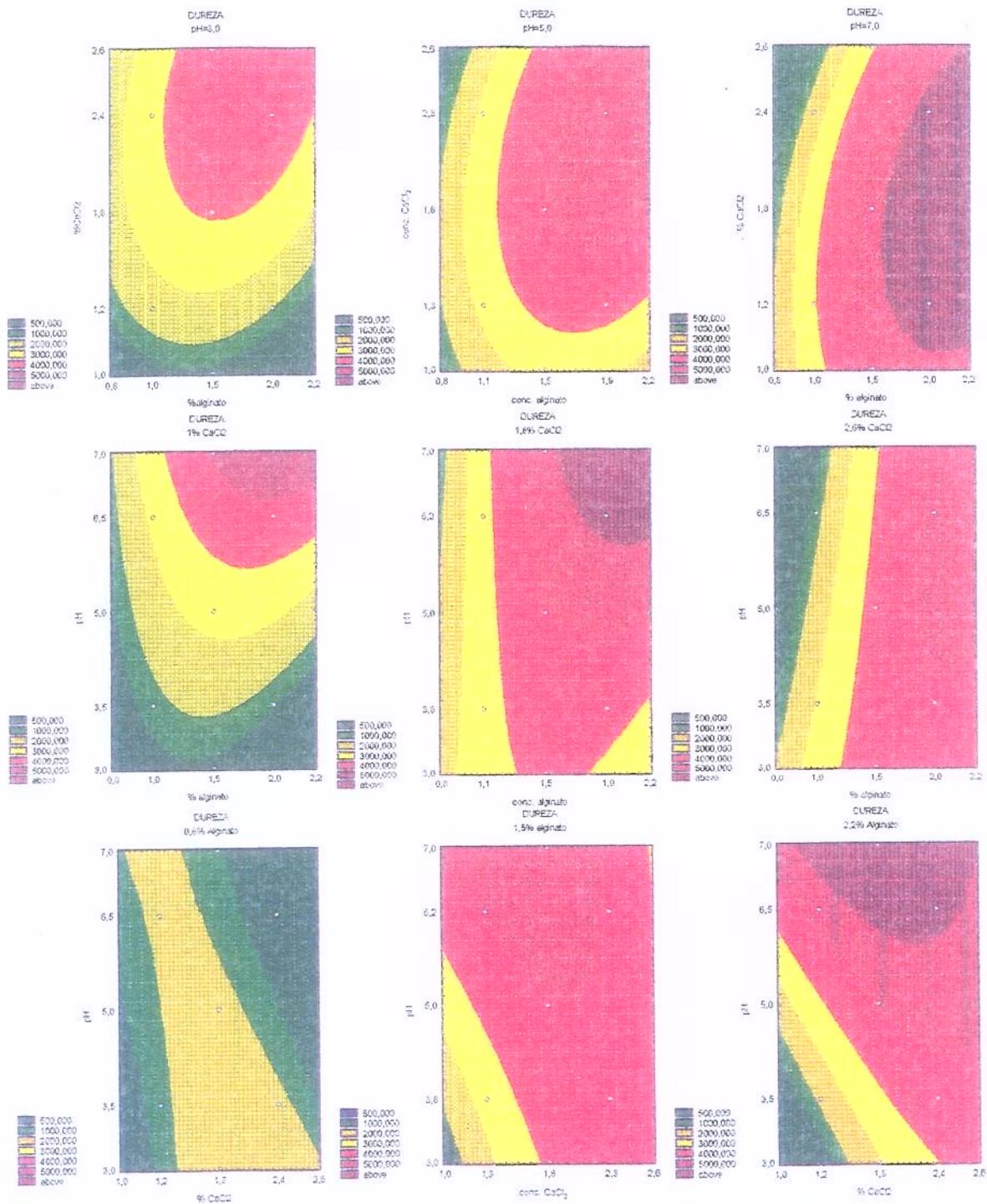


Figura 14 a. Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.
As tres variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

4.4.7.3 Correlação das respostas Dureza/Gomosidade

Os resultados dos valores da dureza e da gomosidade foram correlacionados através dos gráficos de superfície (Fig. 16). Visualizando-se essa figura, observou-se que foi possível reduzir a gomosidade dos géis quando se utilizou baixas concentrações de CaCl_2 em qualquer quantidade de alginato, quando a pH 3,0. À medida que se aumentava o pH para 5,0 até 7,0 a gomosidade e a dureza aumentavam com o aumento do alginato, onde observou-se faixas de dureza ente 500 – 1.000 g e pH 3, de 1.000 – 3.000 g a pH 5, e de 2.000 a 5.000 g a pH 7. Com o aumento da concentração de CaCl_2 e de alginato a baixo pH, a gomosidade e a dureza aumentavam.

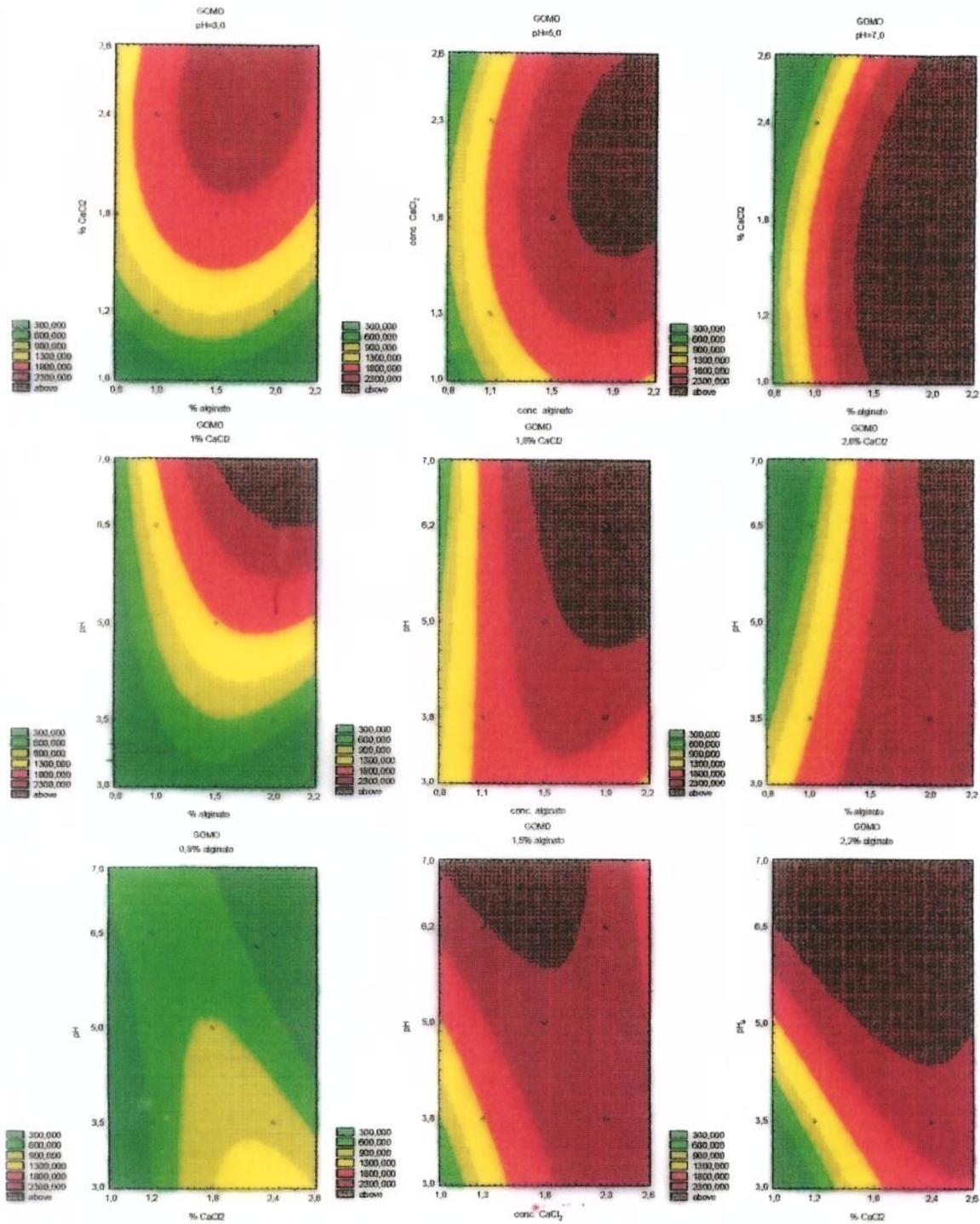


Figura 15. Efeito das variáveis de processo na gomosidade dos géis
As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

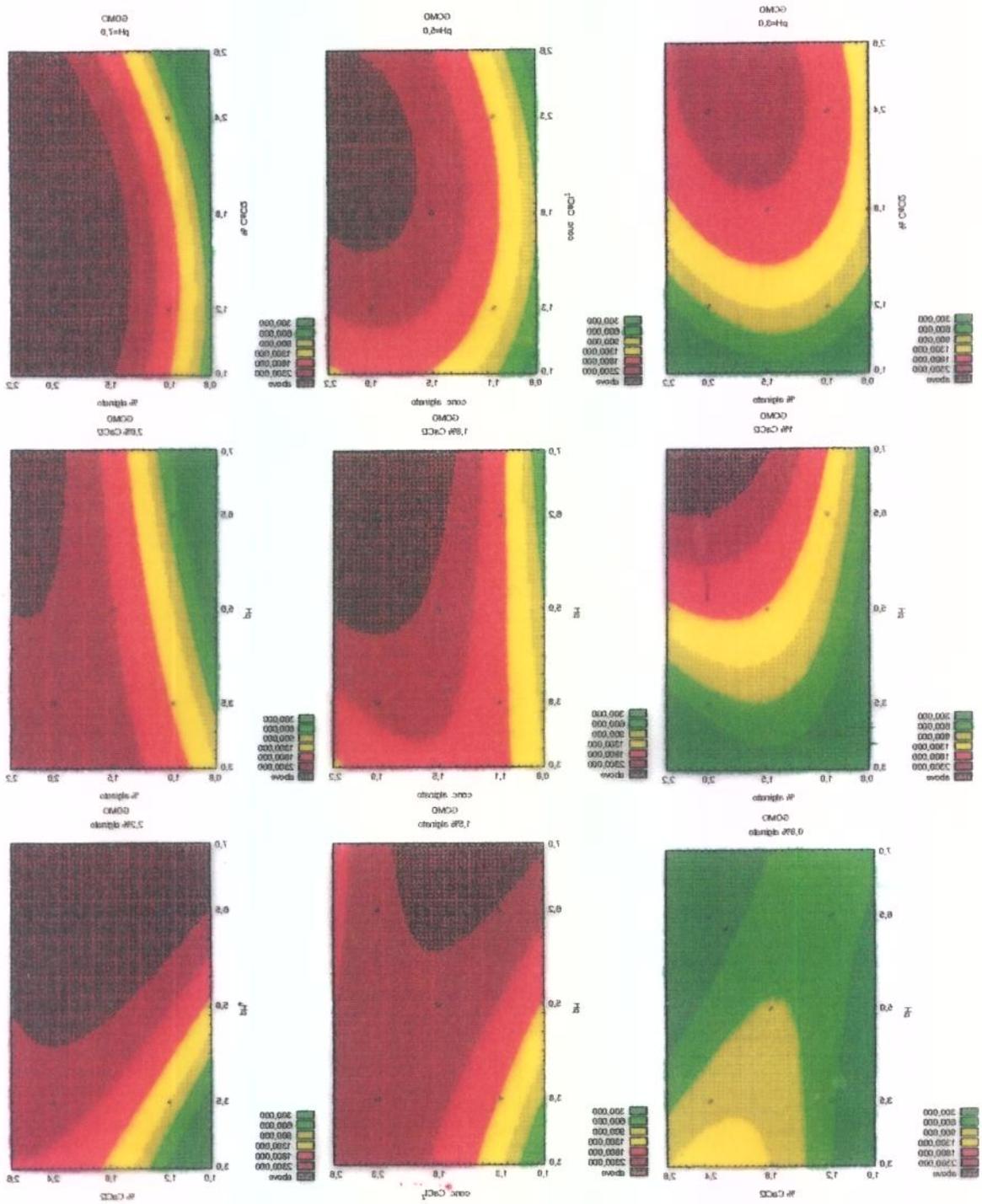


Figura 12. Efeito das variáveis de processo na homogeneidade dos gases. As três variáveis estão fixadas em 0 nos pontos eixais.

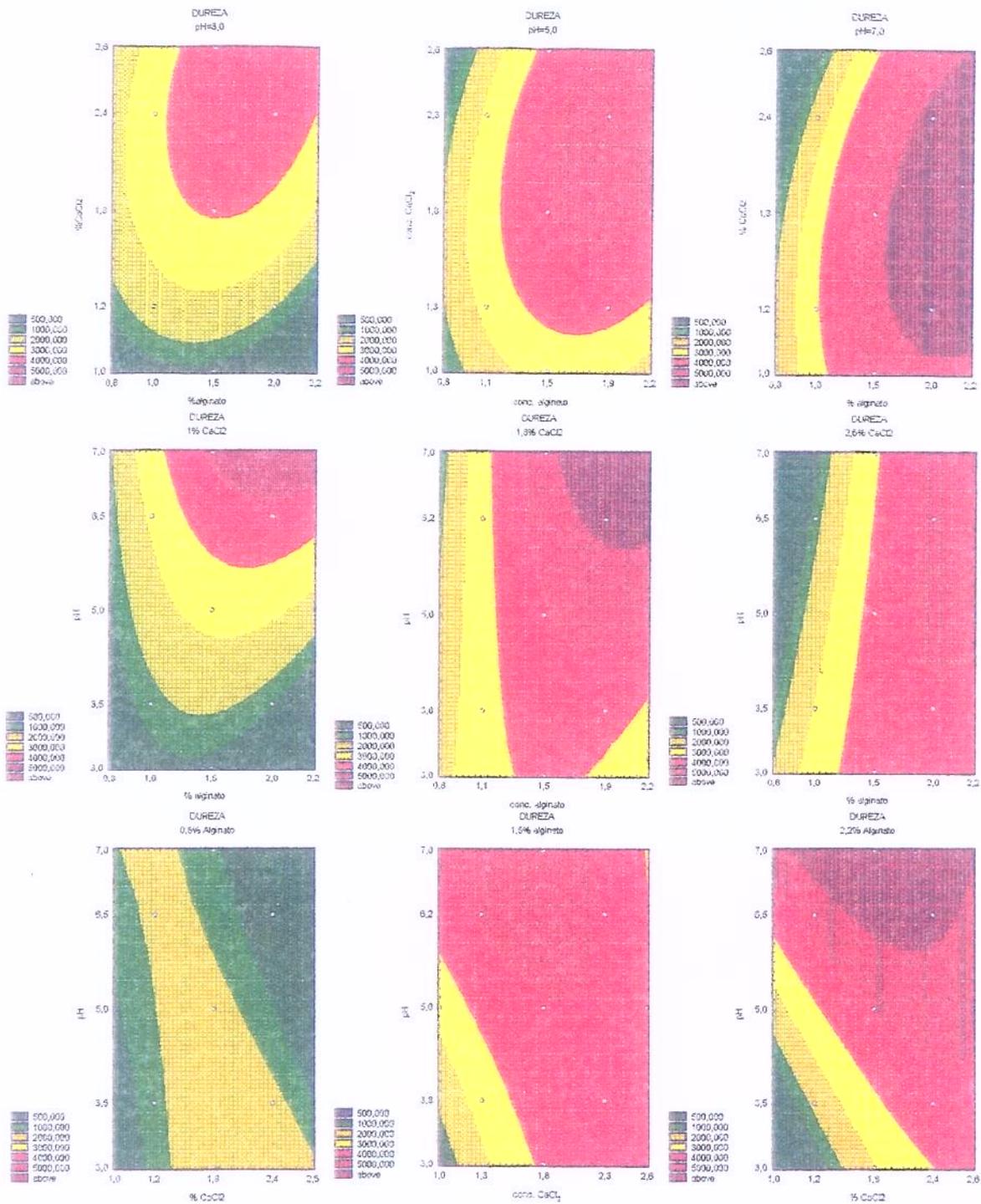


Figura 15 a. Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.
As tres variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

4.4.7.4 Correlação das respostas Dureza/Mastigabilidade

A mastigabilidade e a dureza apresentaram alta correlação (0,97), o que também pode ser observado através dos gráficos de superfície.

Quando se minimiza tal parâmetro de textura, encontra-se géis com faixa de dureza menores. Nota-se que a mastigabilidade é menor a baixas concentrações de alginato e de cloreto de cálcio, em pH 3,0 5,0 e 7,0.

A pH 3,0, a qualquer concentração de alginato, com baixas concentrações de cloreto de cálcio, observa-se uma dureza de 500 a 1.000 gramas, e com o aumento do cloreto de cálcio e a qualquer concentração de alginato na faixa de 2.000 gramas.

Em pH 5,0, a baixas concentrações de alginato (0,8 a 1,1) e cloreto de cálcio (1,0 a 1,3), obteve-se uma dureza de 1.000 g. Já em pH 7,0, nessas mesmas concentrações, a faixa de dureza é maior (2.000 a 3.000), porém sendo baixa quando a concentração do sal é aumentada.

A uma concentração fixa de alginato (0,8), obtém-se géis de baixa mastigabilidade, numa ampla faixa de pH, numa faixa de dureza de 500 a 2.000 gramas.

Os resultados de dureza foram correlacionados com os da mastigabilidade através dos gráficos de superfície (Fig. 17), onde pode ser observado que nas mesmas concentrações de CaCl_2 e de alginato, em qualquer pH, a mastigabilidade diminui, o mesmo ocorrendo com a dureza. Porém, quando o pH era 3,0 em qualquer concentração de alginato, a mastigabilidade situava-se entre 300 – 600, que correspondia a uma faixa de dureza de 500 – 2.000 g. Em pH 5,0 e pH 7,0, com o aumento do alginato, a baixas concentrações de CaCl_2 , a mastigabilidade sofreu aumento juntamente com a dureza, nas faixas de 300 – 1.800 e 1.000 – 4.000 g, respectivamente.

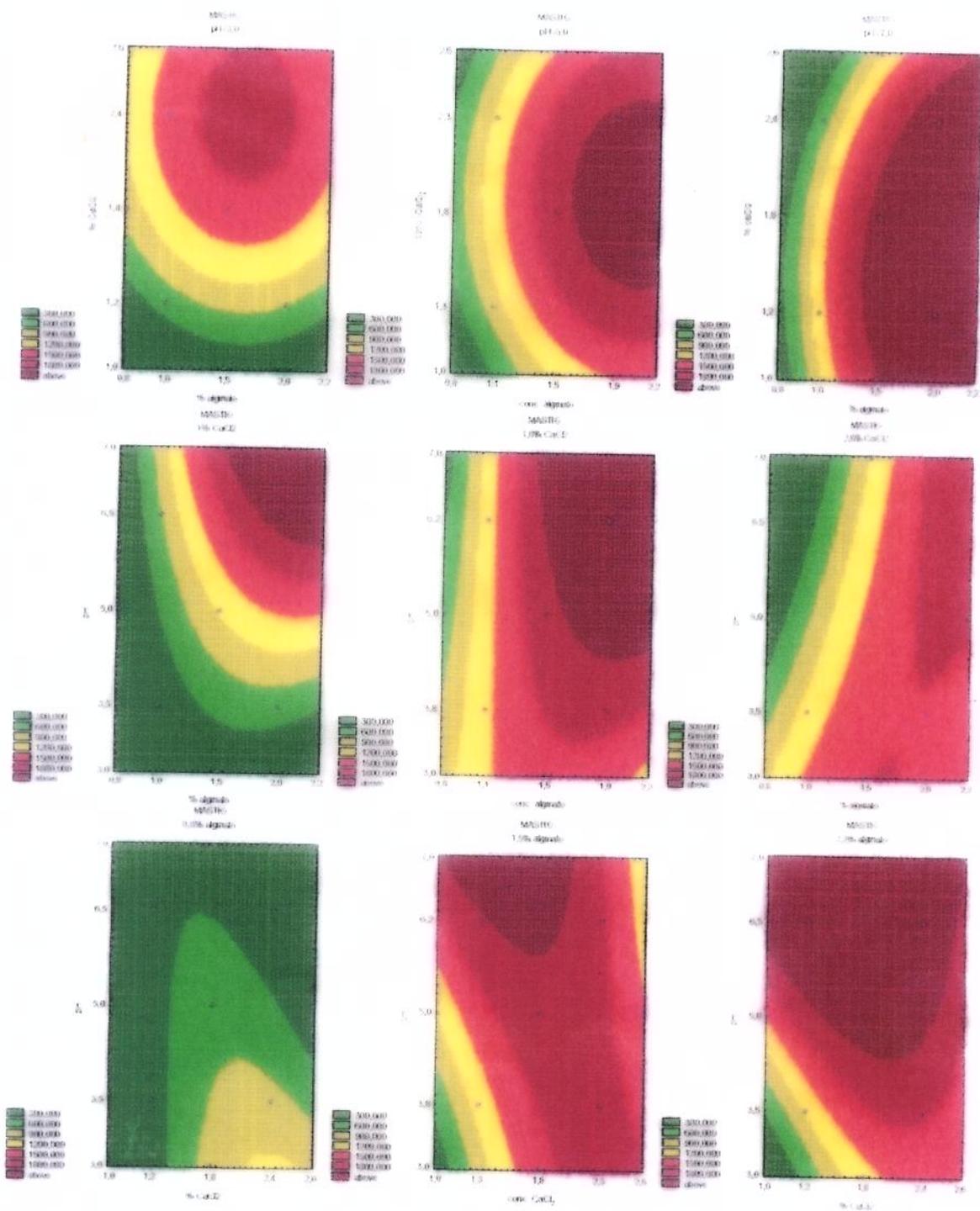


Figura 16 Efeito das variáveis de processo na mastigabilidade dos géis.
As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

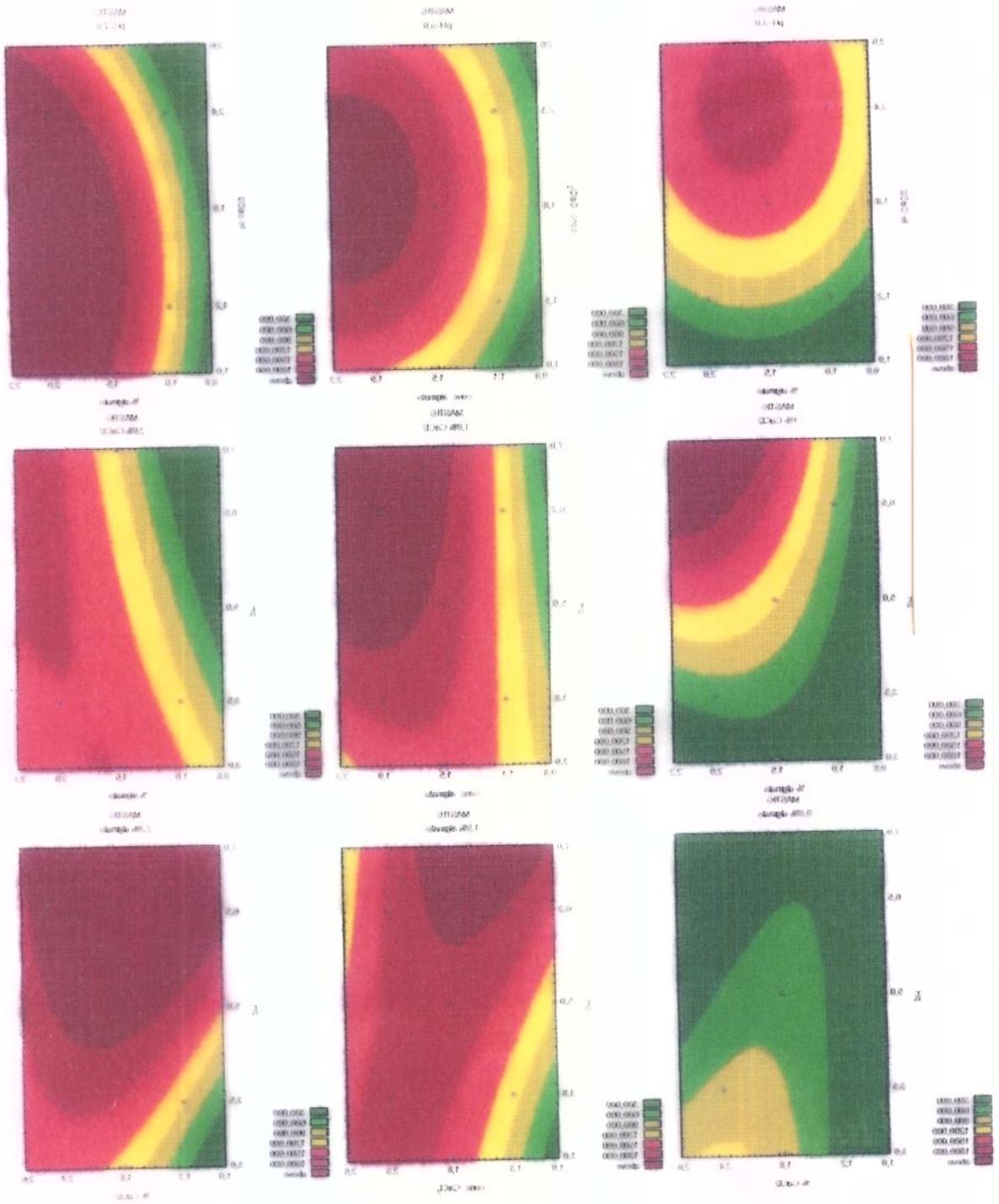


Figura 16 Efeito das variáveis de processo na mastigabilidade dos doces. As três variáveis estão fixadas em 0 nos pontos axiais.

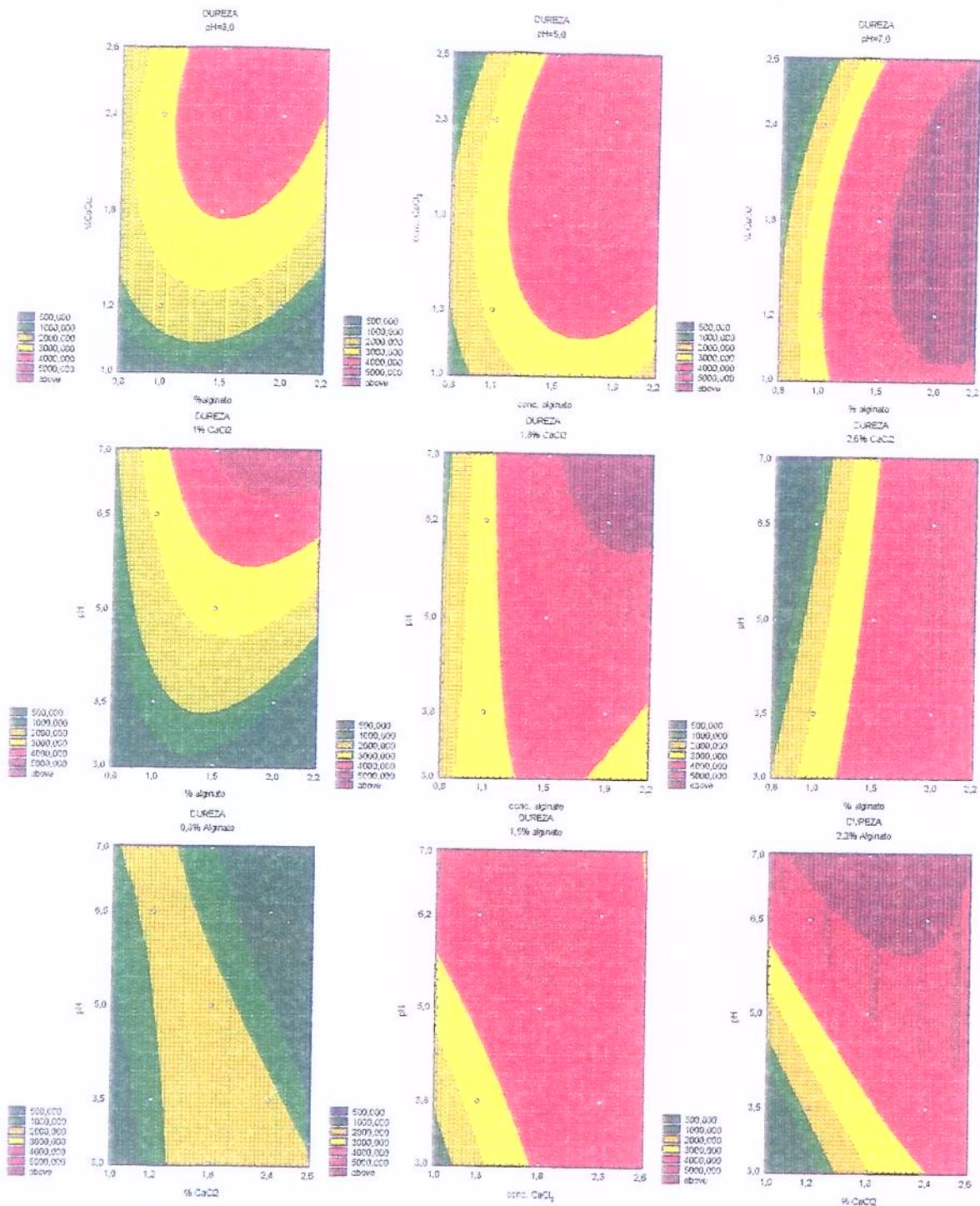


Figura 16 a. Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.
As tres variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

4.4.7.5 Correlação das respostas Dureza/Coesividade

Quando se correlacionou os valores de coesividade com a dureza, foi observado que à medida que diminui a concentração de alginato e CaCl_2 , em qualquer faixa de pH, a coesividade diminui no intervalo de 0,500 – 0,450, enquanto que a dureza situava-se entre 500 a 2.000 g a pH 3,0, de 1.000 – 300 g a pH 5, e de 2.000 – 4.000 a pH 7.

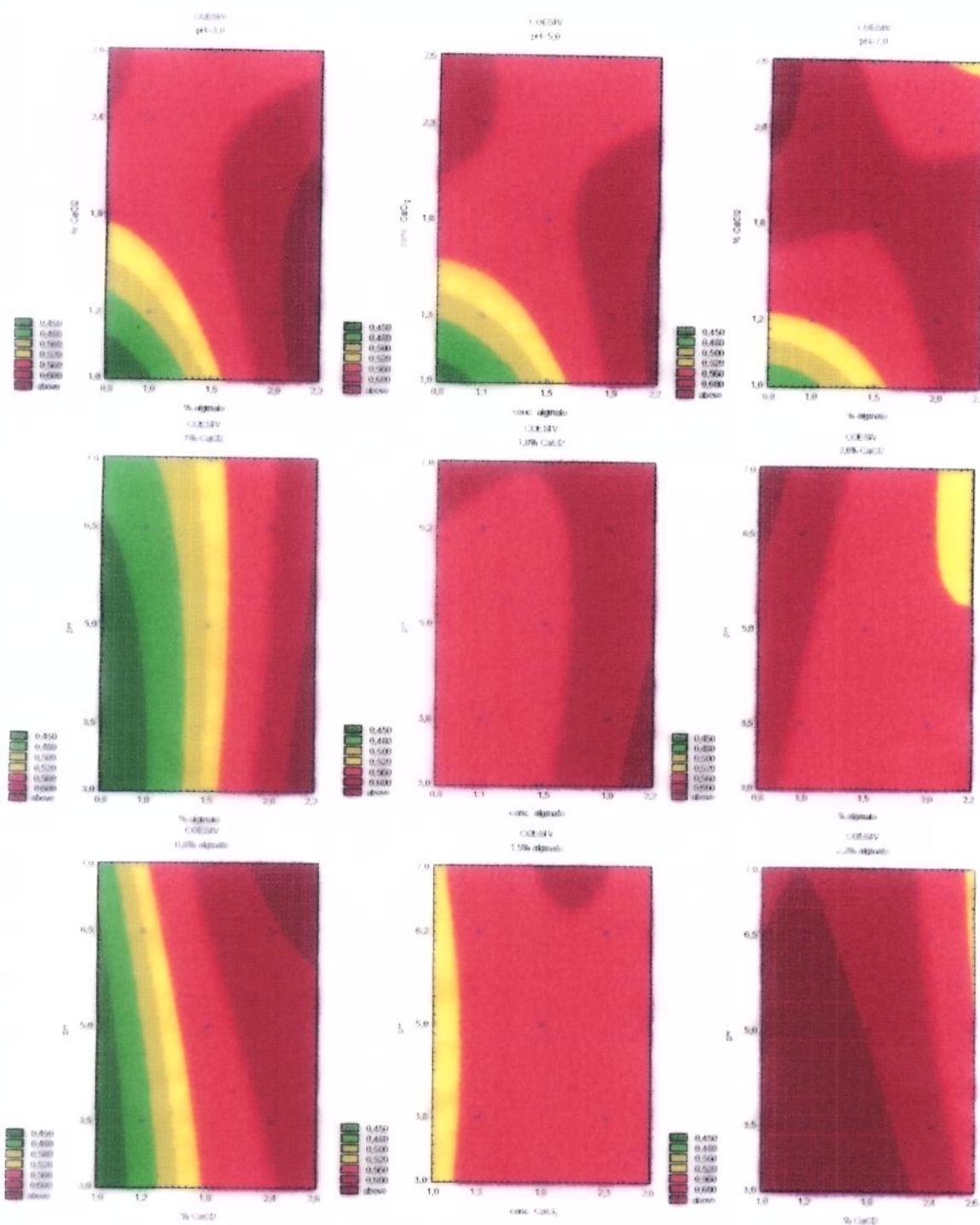


Figura 17. Efeito das variáveis de processo na coesividade dos géis. As três variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

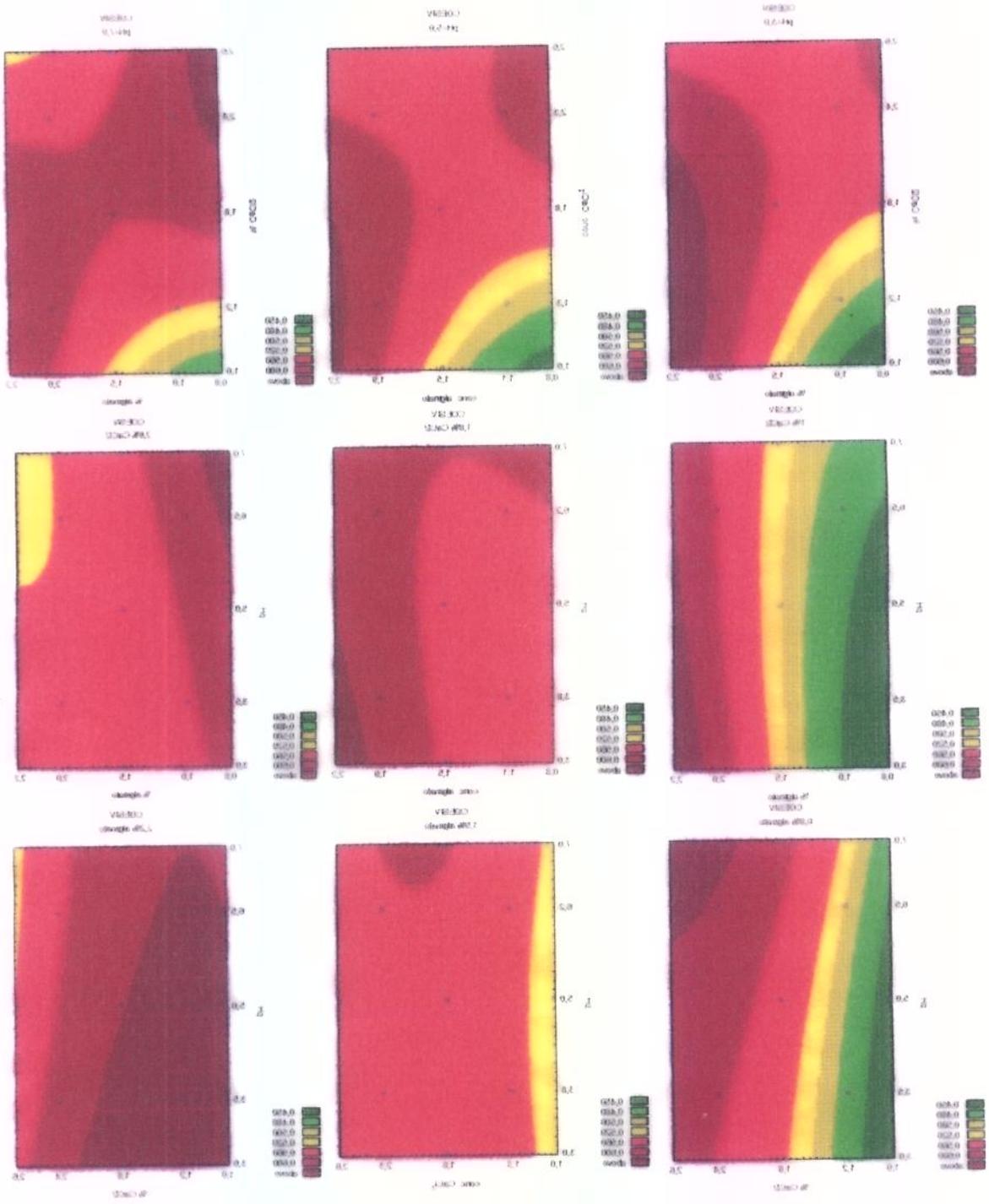


Figura 17. Efeito das variáveis de processo na coesividade dos géis. As três variáveis estão fixadas em 0 nos pontos axiais.

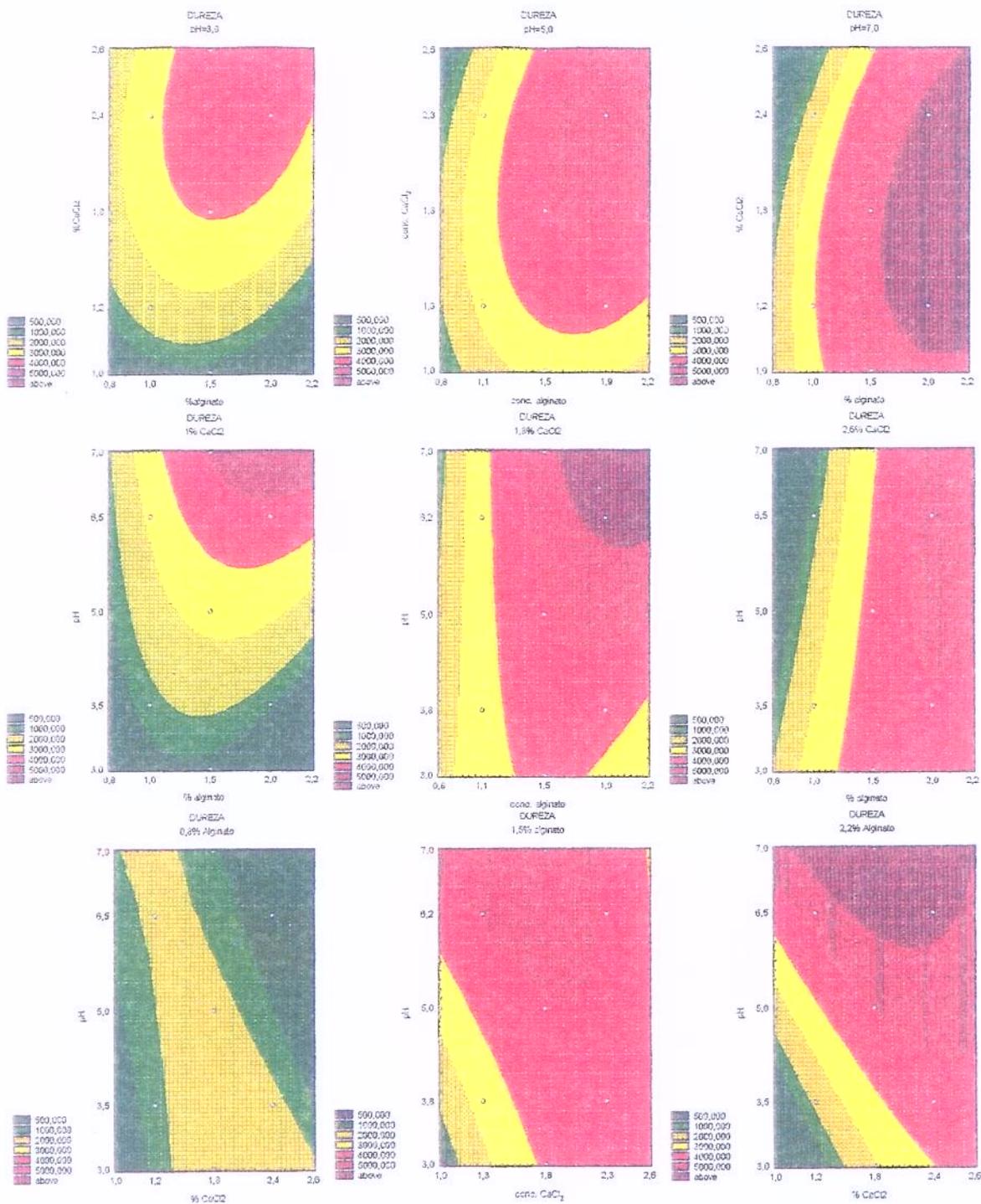


Figura 17 a. Efeito das variáveis de processo na dureza dos géis.
As tres variáveis estão fixadas em 0 e nos pontos axiais.

4.5 Avaliação sensorial

4.5.1 Equivalência do poder edulcorante do eritritol e da mistura eritritol/aspartame

Os valores de magnitude de doçura estimados pelos provadores foram convertidos para valores de logaritmos (Tabela 19) e expressos através de médias geométricas.

Os resultados das médias geométricas da doçura dos géis estão representados na Tabela 20.

Os valores logarítmicos das concentrações foram plotados contra os valores das médias geométricas das doçuras para cada edulcorante. A Fig. 19 apresenta as curvas resultantes das regressões lineares realizadas com os valores obtidos para cada edulcorante. Estas curvas representam a Função Potência de cada edulcorante.

TABELA 19 - Resultados da mistura eritritol/aspartame

log doçura	log conc. sacarose	log conc. Eritritol	log conc. Erit. + aspartame
0	-1,98082	-2,13447	-2,01067
0,5	-0,9801	-1,06732	-1,008175
1	0,01324	0,00017	0,00568
1,5	1,02134	1,06698	0,996815
2	2,02206	2,13413	1,99931

TABELA 20 - Média geométrica das doçuras dos géis

Concentração de sacarose (%)	Média geométrica da doçura
3,91	0,13
6,25	0,51
10,00	1,01
16,00	3,82
25,62	5,10
Concentração de eritritol (%)	
3,91	0,17
6,25	0,31
10,00	0,85
16,00	2,44
25,62	9,08
Concentração de eritritol/aspartame	
3,97	0,12
6,29	0,45
10,06	1,14
16,16	3,02
25,75	5,27

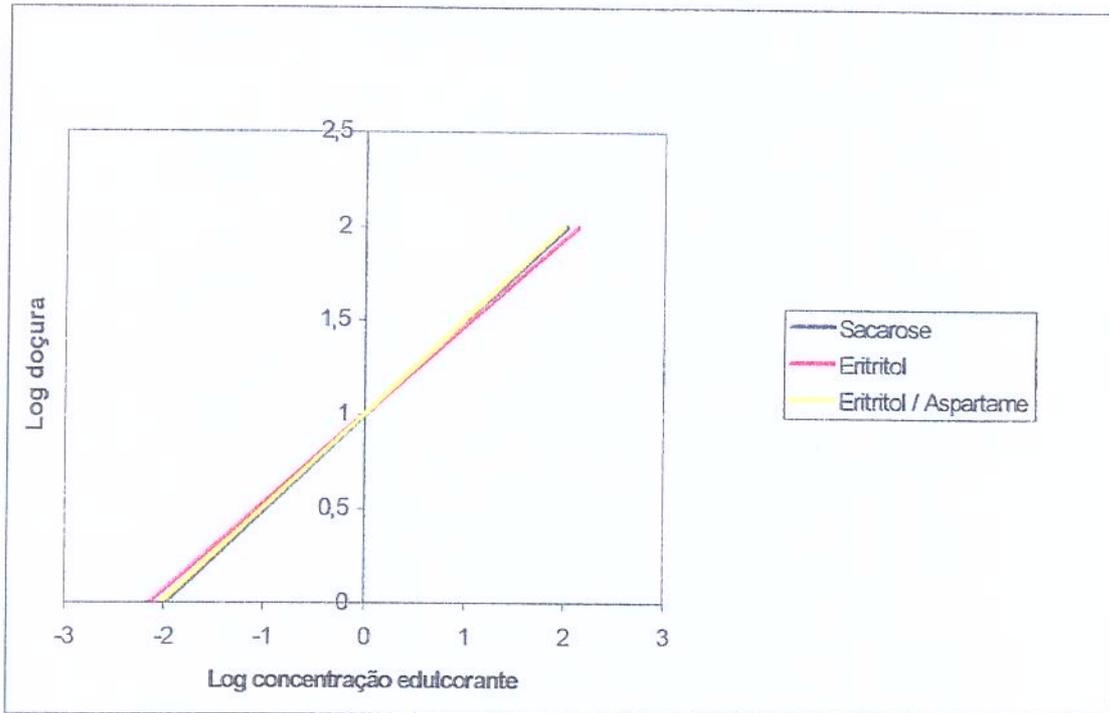


FIGURA 18 - Resultados da mistura eritritol/aspartame

A partir desses resultados, pode-se observar as funções de potência encontradas como resultado do teste.

Os resultados encontrados foram muito similares, indicando que o poder edulcorante do eritritol e da mistura eritritol / aspartame em géis de alginato são muito próximos à doçura da sacarose, nas concentrações estudadas, tendo-se como correspondência a 10% de sacarose a concentração de 1,14% da mistura eritritol/aspartame.

Dados da literatura indicam ser o poder edulcorante do eritritol de 70 a 80% ao da sacarose a 10% (ODA, 1993). Para aspartame, na literatura foram encontrados valores que variam de 0,050% (BECK, 1974); 0,053% (HOMLER, 1988); 0,054% (CARDELLO, 1996) e 0,133% (INGLETT, 1981).

A diferença entre tais resultados reportados e o encontrado pode ser devido a diferenças metodológicas, além do que os valores de equivalência em

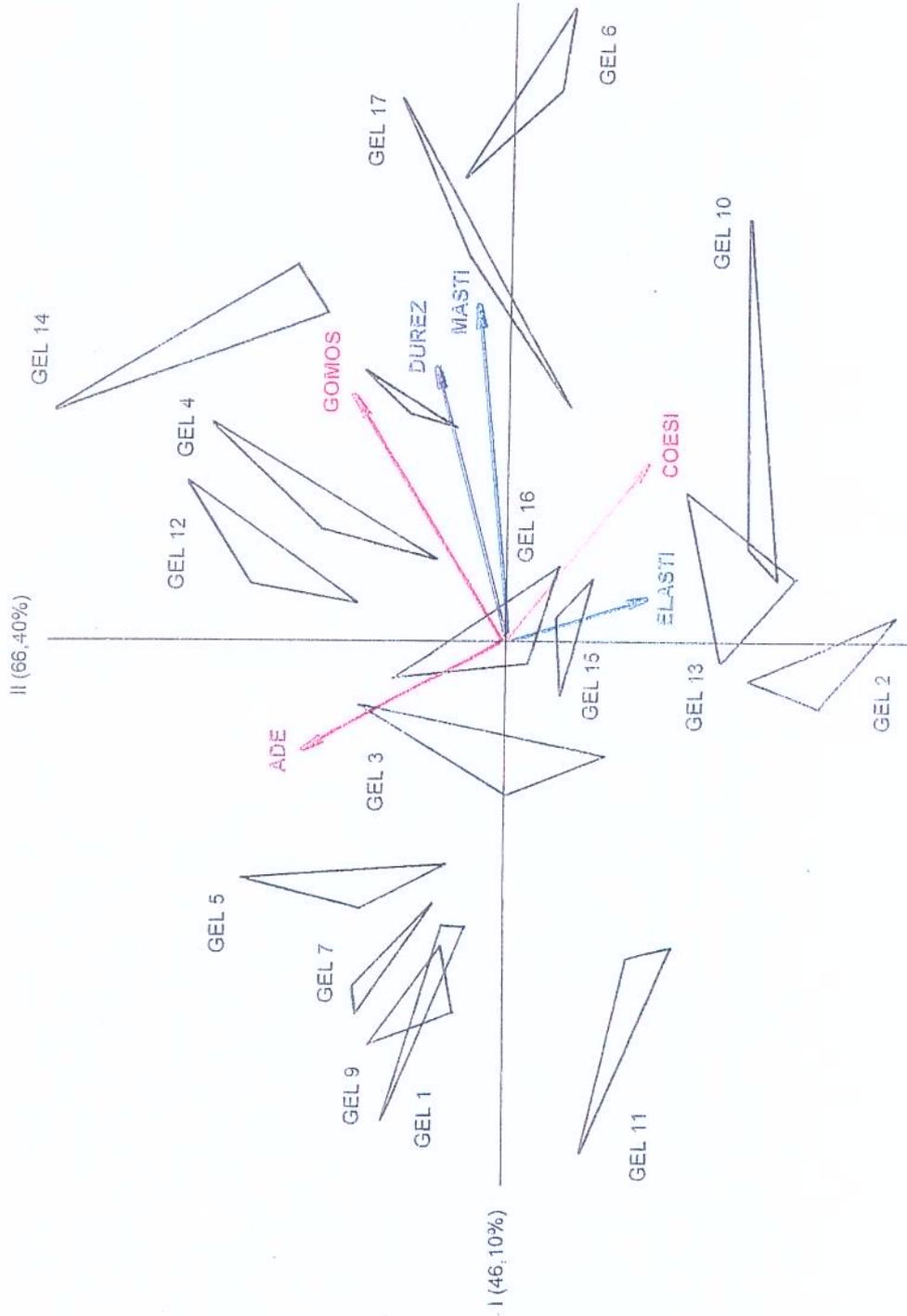
negativa a todas as outras características mecânicas, apesar dos resultados não se apresentarem significativos a $p < 0.05$.

A partir dos resultados da Análise de Componente Principal (ACP), dos dados instrumentais de textura dos géis, observa-se que as amostras encontram-se bem separadas nos quadrantes. No primeiro, encontram-se as amostras, 1, 3, 5, 7 e 9, que apresentam maior intensidade do atributo adesividade. No segundo, as amostras 4, 8, 12, 14 e 17, apresentando maior intensidade dos atributos gomosidade, dureza e mastigabilidade. No terceiro, as amostras 6, 10 e 13, caracterizadas pelos atributos coesividade e elasticidade e no quarto grupo as amostras 2 e 11, apresentando correlação negativa a tais atributos. As amostras 15 e 16 aparecem numa região intermediária em relação às demais, indicando que elas apresentam intensidade moderada de todos os atributos avaliados.

Os resultados sugerem que géis formulados com menores percentagens de alginato de sódio e cloreto de cálcio, tais como as formulações 1 e 5, apresentam maior intensidade do atributo adesividade, e menor dos outros atributos. As amostras 14 e 15 formuladas com concentrações intermediárias de alginato e cloreto de cálcio, porém em diferentes pH, distinguem-se. A amostra 15 apresentou um gel de características intermediárias em relação aos demais, com maior intensidade dos atributos elasticidade (ELASTI) e coesividade (COESI).

Pela representação gráfica da Fig. 19, através da alocação das amostras (similares em regiões próximas e diferentes em regiões distantes), selecionou-se sete amostras diferentes representadas nos quatro quadrantes, para a realização do Perfil Sensorial: amostras 1, 2, 5, 6, 10, 14 e 15.

FIGURA 19 – Análise do componente principal (ACP)
Perfil instrumental de textura



4.5.2.2 Seleção de atributos

Como resultado da aplicação do método rede (MOSKOWITZ, 1983), os provadores geraram 141 atributos: 55 para compressão manual com os dedos, 38 para textura oral e 48 para sabor (Tabela 21).

TABELA 21 - Atributos sensoriais obtidos das fichas de todos os provadores com a indicação do número de vezes (N) em que cada atributo foi citado.

Compressão com os dedos	N	Textura Oral	N	Sabor	N
Atributo		Atributo		Atributo	
Resistente	1	Coesividade	4	Suave	1
Dureza	10	Dureza	8	Doçura	3
Elasticidade	4	Espalhabilidade	3	Acidez	2
Firmeza	8	Macia	2	Picante	1
Sinerese	3	Firme	4	Agradável	1
Quebradiça	1	Suave	1	Doce	10
Mole	5	Mole	3	Laranja	6
Macia	7	Dissolver na boca	1	Amargo	4
Rígida	2	Resistente	1	Fruta	2
Consistente	1	Rígida	2	Adocicado	3
Gelatinosa	2	Consistente	1	Acido	4
Flexível	2	Borracha	2	Residual	3
Úmido	1	Resistente à mastigação	1	Cítrica	4
Perda de líquido	4	Mastigável	3	Característico	1
Elástico	3	Despedaçamento	1	Casca de laranja	2
Mola	1	Desintegrável	1	Óleo essencial	1
Total	55	Total	38	Total	48

Em reuniões com os provadores foram discutidos os significados dos atributos e agrupados aqueles que apresentavam o mesmo significado. Para compressão manual com os dedos, os termos como: dureza, firmeza, macio, mole, rígido, consistente e resistente à compressão, foram agrupados como um único atributo, denominado dureza (DUR). Os termos elasticidade, flexível, elástico e mola como elasticidade (ELAS); e os termos sinerese, perda de líquido e úmido, como perda de líquido (PLIQ).

Para Textura Oral, os termos dureza, firmeza, mole, resistente, rígido, macia como dureza (DURO); os de mastigável e borracha, como mastigabilidade (MAST); os de coesividade, desintegrável, despedaçamento como coesividade (COE) e espalhabilidade, suave, dissolver na boca, como espalhabilidade (ESP).

Para sabor, os termos doçura, doce, adocicado, como: Doce; Laranja, Da Fruta, Casca de Laranja, Óleo Essencial de Laranja, Sumo, como: Laranja; Acidez, Ácido, Cítrico como: Ácido; e os termos Amargo, Residual Amargo, Sabor Residual como: Amargo Residual.

Também em reunião com os provadores, os 10 atributos foram definidos e a ficha para a avaliação das amostras foi montada (Fig. 21).

DUREZA: força necessária para se produzir uma certa deformação. Quanto maior a força para se comprimir a amostra, ou para rompê-la com os dentes, mais dura é a amostra.

ELASTICIDADE: grau com que a amostra deformada volta a sua forma inicial depois que a força de deformação é removida.

PERDA DE LIQUIDO (sinerese): quantidade de líquido exudado da amostra.

MASTIGABILIDADE: tempo necessário para mastigar a amostra até que ela possua uma consistência adequada para ser deglutida.

COESIVIDADE: força das ligações internas que dão corpo ao produto. Percepção de que todas as substâncias presentes no produto se apresentam coesas. Grau em que uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper.

ESPALHABILIDADE NA BOCA: característica da amostra preencher a cavidade bucal espalhando-se.

DOCE: sensação percebida na ponta da língua. Sabor relacionado a açúcares, sacarina, ciclamato, aspartame, etc.

ÁCIDO: sensação percebida na parte lateral da língua, sabor relacionado a íons liberados por ácidos como: cítrico, acético, etc.

AMARGO: sensação percebida no fundo da língua. Sabor relacionado à cafeína, quinino etc. Amargo residual quando esta sensação permanece por algum tempo em toda a cavidade bucal.

LARANJA: sabor característico da fruta laranja.

FIGURA 20- Ficha de definição dos termos usados na Análise Descritiva dos géis

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

NOME: _____ DATA: __/__/__

COMPRESSÃO MANUAL COM OS DEDOS

Por favor, comprima a amostra _____ com os dedos sem rompê-la, e utilizando as escalas abaixo, avalie a intensidade de cada atributo.

DUREZA

_____ Pouco Muito

ELASTICIDADE

_____ Baixa Alta

PERDA DE LÍQUIDO

_____ Pouco Muito

TEXTURA ORAL

Por favor, prove a amostra _____ e utilizando a escala abaixo, avalie a intensidade de cada atributo.

DUREZA

Baixa Alta

MASTIGABILIDADE

Baixa Alta

COESIVIDADE

Pouco Muito

ESPALHABILIDADE NA BOCA

Baixa Alta

SABOR

Por favor, prove a amostra _____ e utilizando a escala abaixo, avalie a intensidade de cada atributo.

DOCE

Pouco Muito

LARANJA

Pouco Muito

ÁCIDO

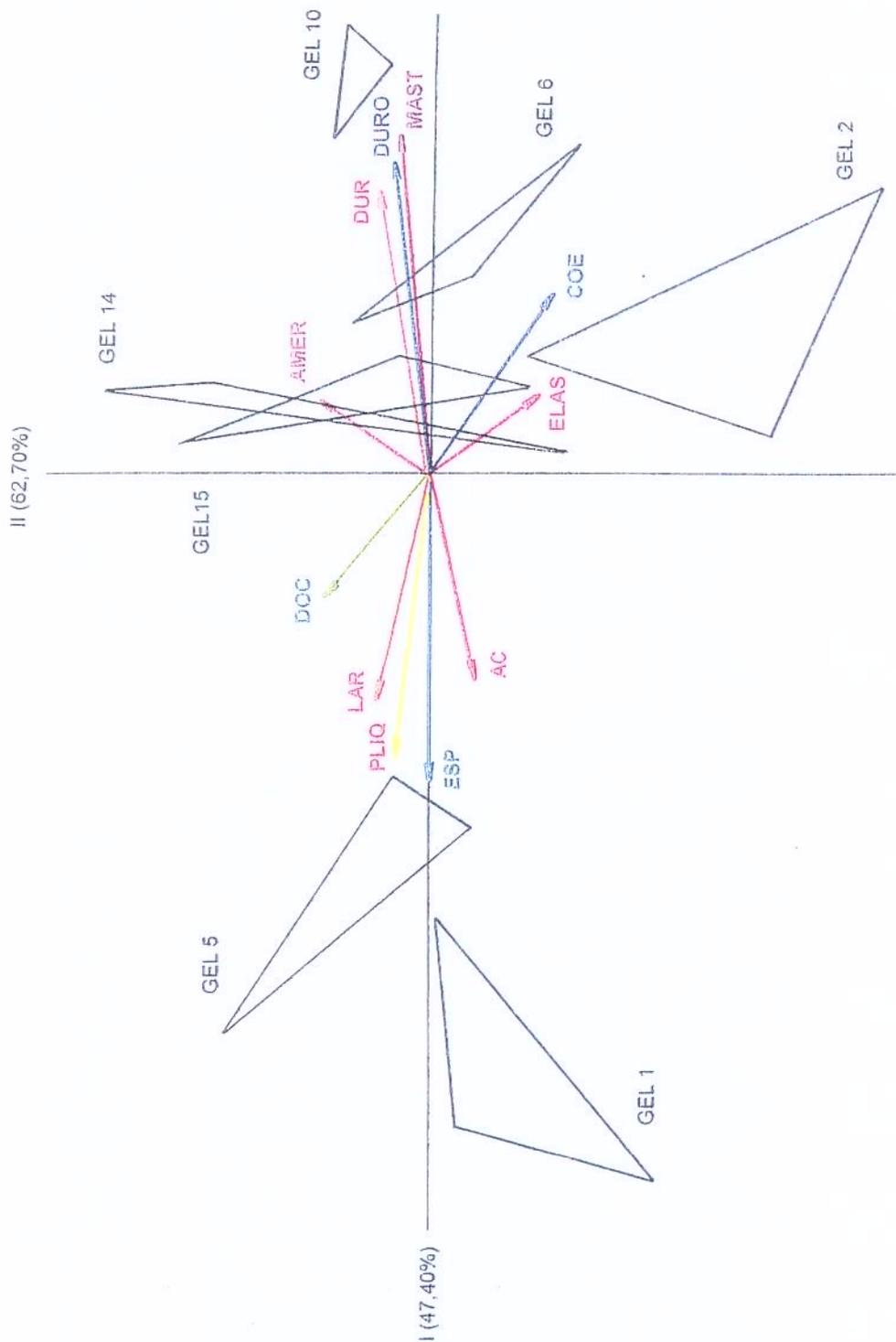
Pouco Muito

AMARGO RESIDUAL

Pouco Muito

FIGURA 21- Ficha para avaliação das amostras

FIGURA 22 – Análise do componente principal (ACP)
Perfil sensorial de textura e sabor



4.5.2.3 Avaliação das amostras

O perfil sensorial das amostras gerado pela equipe sensorial pode ser observado através da Fig. 20, que apresenta o resultado da Análise dos Componentes Principais, aplicada aos dados sensoriais e confirmados pela Tabela de Médias (Tabela 21).

Na representação gráfica foram consideradas duas dimensões ortogonais, que correspondem a uma percentagem da variação total dos efeitos que determinaram a textura e o sabor dos géis de 62,70%. Essa figura sugere que os atributos mais importantes para diferenciar as amostras entre si foram os de mastigabilidade, dureza oral e dureza manual, respectivamente, estando estes negativamente correlacionados com os atributos de espalhabilidade, perda de líquido e os de sabor laranja, doce e gosto ácido.

As amostras 6, 10, 14 e 15 são as mais caracterizadas pelos atributos de textura como: dureza à compressão manual, dureza oral e mastigabilidade, apresentando as maiores médias para tais quando comparadas às demais amostras (Tabela 22).

As amostras 1 e 5 aparecem caracterizadas por todos os atributos de sabor e por espalhabilidade, e a amostra 2 representada principalmente pela elasticidade.

Também pode-se observar que as amostras 1 e 5, ambas com as mesmas e baixas concentrações de alginato e cloreto de cálcio, porém em faixas diferentes de pH (3,8 e 6,5 respectivamente), estão negativamente correlacionadas aos atributos de textura como dureza oral, dureza à compressão manual, mastigabilidade e coesividade, e caracterizadas pelos atributos de sabor laranja, doce e gosto ácido e pelo atributo de espalhabilidade, indicando desta forma que não houve influência do pH nestes atributos de textura avaliada sensorialmente e no sabor dos géis.

Quando se observa as amostras 2 e 6, que contêm as mesmas concentrações de cloreto de cálcio, o que também ocorre com as amostras 1 e 5, e nas mesmas faixas de pH dessas, porém com concentrações maiores de alginato (1,9%), pode-se constatar que as amostras 2 e 6 aparecem em outro quadrante, estando positivamente correlacionadas aos atributos de textura e negativamente aos de sabor, confirmando a influência da concentração de alginato nos atributos estudados.

As amostras 14 e 15, com as mesmas concentrações de alginato e cloreto de cálcio (média das concentrações usadas) em diferentes pH (5,0 e 7,0 respectivamente), encontram-se na porção intermediária do quadrante, e positivamente correlacionadas com os atributos de textura.

Comparando-se as amostras 1 e 2, ambas com pH 3,8, mesma concentração de cloreto de cálcio (1,3) e concentrações de alginato de 1,1 e 1,9 respectivamente, observa-se que estas encontram-se inversamente correlacionadas, estando a amostra 1 caracterizada pelos atributos de sabor e espalhabilidade e a amostra 2 pelos de coesividade e elasticidade.

Quanto às amostras 10 e 15, com as mesmas quantidades de cloreto de cálcio (concentrações médias) o mesmo pH (5,0) e com concentrações de alginato de 2,2 e 1,5, embora estejam no mesmo quadrante, a amostra 10 (maior concentração de alginato) se caracteriza pelos atributos de dureza oral, dureza manual e mastigabilidade, enquanto a amostra 15 aparece em uma faixa intermediária, mostrando mais uma vez a pouca influência do pH.

Através da Tabela de Médias, pode-se observar que o atributo amargo residual (AMER), não foi significativo para todos os géis estudados, indicando assim que até as mais altas concentrações de cloreto de cálcio estudadas podem ser utilizadas.

Com relação aos atributos de textura, os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com os apresentados na literatura quanto à relação da concentração do hidrocolóide com o aumento dos atributos de textura, principalmente dureza e coesividade. Tal foi demonstrado por MUNHÓZ *et al.*

(1986b), em géis de gelatina, DAMASIO *et al.* (1997) em géis mistos de K-carragenato, goma garrofin e goma guar, além de NORONHA (1996) em géis lácteos mistos de Kappa-carragena e goma logusta, embora não tenham sido encontrados na literatura trabalhos utilizando essas três variáveis estudadas concomitantemente (concentração de alginato de sódio, concentração de cloreto de cálcio e pH).

A maior retenção dos atributos de sabor laranja e sabor doce em géis com menor concentração do hidrocolóide pode ser justificada pelo efeito da maior retenção do óleo essencial na rede do gel. Em geral, a adição de hidrocolóides reduz a intensidade de sabor; tal supressão de odor e sabor é provavelmente devido ao emaranhado formado pelas grandes moléculas das gomas sobre as gotas finas e dispersas do agente aromatizante, ou pelo efeito protetor do filme formado pelo hidrocolóide induzindo a uma ação protetora (GUINARD, 1995).

BAINES & MORRIS (1987); CLARK (199), JAIME *et al.* (1993), observaram que a liberação de aroma e sabor podem ser reduzidas com aumento da viscosidade ou força mecânica dos géis, isto devido à barreira formada pela matriz do gel ou por ligações da molécula do agente aromatizante pelo agente espessante.

CLARK (1990), estudou vários tipos de géis, assim como JAIME *et al.* (1993) com géis de alginato de sódio, Kappa-carragena e agar aromatizados com laranja GUINARD (1995), com géis de gelatina e géis de iota carragena em diferentes concentrações. Todos demonstraram uma relação inversa entre dureza do gel e percepção de aroma e sabor.

DAMÁSIO *et al.* (1997) observaram que em géis de laranja com diferentes concentrações de goma gelana, xantana e logusta a baixas concentrações de sacarose, adicionados de aspartame, as amostras com menor concentração dos hidrocolóides apresentaram maior sabor laranja do que as demais, assim como CHAI *et al.* (1991), que observou o mesmo efeito. Mais uma vez, ressalte-se que tais dados não foram obtidos com o estudo simultâneo das três variáveis.

TABELA 22 - Média dos valores obtidos na avaliação sensorial de textura e sabor dos géis

Atributos	Amostras 1	Amostras 2	Amostras 5	Amostras 6	Amostras 10	Amostras 14	Amostras 15
DUR	3,40 ^c	4,87 ^{b,c}	4,07 ^c	5,24 ^b	6,75 ^a	5,82 ^{a,b}	5,86 ^{a,b}
ELAST	4,75 ^{a,b}	5,24 ^a	3,65 ^{ab}	4,80 ^{a,b}	3,85 ^b	4,63 ^{a,b}	4,85 ^{a,b}
PLIQ	4,93 ^a	3,15 ^b	4,96 ^a	3,50 ^b	3,38 ^b	4,20 ^{a,b}	3,64 ^b
DURO	2,66 ^d	4,61 ^c	3,40 ^d	5,93 ^{a,b}	6,73 ^a	5,49 ^{b,c}	4,68 ^c
MAST	3,15 ^a	4,49 ^{b,c}	3,55 ^{c,d}	5,50 ^{a,b}	5,76 ^a	5,35 ^{a,b}	5,12 ^{a,b}
COE	3,30 ^a	3,94 ^a	3,25 ^a	3,67 ^a	3,95 ^a	3,40 ^a	3,66 ^a
ESP	5,38 ^a	3,54 ^{c,d}	5,03 ^{a,b}	3,00 ^{c,d}	2,78 ^d	3,99 ^{c,d}	3,68 ^{c,d}
DOC	3,78 ^{a,b}	3,10 ^b	4,33 ^a	3,51 ^{a,b}	3,55 ^{a,b}	4,03 ^{a,b}	3,88 ^{a,b}
LAR	5,63 ^a	4,00 ^b	4,77 ^{a,b}	4,66 ^{a,b}	4,18 ^b	4,58 ^{a,b}	4,68 ^{a,b}
AC	4,43 ^a	2,78 ^b	2,46 ^b	2,22 ^b	2,65 ^b	2,38 ^b	2,95 ^b
AMER	2,66 ^a	2,44 ^a	2,31 ^a	2,50 ^a	2,85 ^a	2,74 ^a	3,23 ^a

Médias com letras em comum numa mesma linha não diferem significativamente ($p \leq 0.05$) entre si segundo Teste de Tukey.

Os atributos estão representados pelos termos abaixo:

DUR - Dureza à compressão manual

DURO - Dureza oral

ELAS - Elasticidade

MAST- Mastigabilidade

COE - Coesividade

AMER- amargo residual

DOC- doce

LAR- Laranja

PLIQ- Perda de líquido

AC - Ácido

ESP - Espalhabilidade

4.5.3 Correlação entre as medidas instrumentais e sensoriais de textura e sabor dos géis

Muitas vezes é suficiente determinar o atributo ou os atributos que mais influem na sensação percebida sensorialmente, podendo-se na prática adaptar ou desenvolver métodos físicos ou instrumentais que possam medir este atributo de forma objetiva com maior precisão ou rapidez que normalmente se obtém pelos métodos sensoriais (DAMASIO, 1990).

Com tal objetivo pôde-se observar correlações entre as medidas instrumentais e sensoriais, através dos coeficientes de correlação (r) (Tabela 23). Ao analisar os coeficientes observamos que foram encontrados valores de coeficiente de correlação significativos ($p < 0,05$) entre as características mecânicas e sensoriais.

TABELA 23 - Coeficiente de correlação de Person (r) entre as características mecânicas de textura e os atributos sensoriais de textura e sabor. Números entre parênteses representam o nível de significância de r .

	DUREZ	ELASTI	COESI	MASTI	GOMOS	ADE
DUR	0,4988 (0,0213)	0,3707 (0,0981)	0,3587 (0,1103)	0,5584 (0,0085)	0,4561 (0,0377)	-0,2144 (0,3509)
DURO	0,7377 (0,0001)	0,5059 (0,019)	0,6224 (0,0026)	0,8334 (0,0001)	0,6972 (0,0004)	0,0125 (0,9571)
MAST	0,7183 (0,0002)	0,4151 (0,0613)	0,5238 (0,0148)	0,7771 (0,0001)	0,7381 (0,0001)	-0,1922 (0,4038)
ELAS	-0,0160 (0,9451)	0,3748 (0,0941)	-0,0472 (0,8390)	0,0174 (0,9403)	0,0941 (0,6849)	0,4176 (0,0597)
ESP	-0,5624 (0,008)	-0,6791 (0,0001)	-0,6468 (0,0015)	-0,7103 (0,0003)	-0,5793 (0,0059)	0,4176 (0,0597)
COE	0,0612 (0,7922)	0,5282 (0,0138)	0,2826 (0,2145)	0,1771 (0,4425)	0,0365 (0,8752)	-0,0016 (0,9947)
PLIQ	-0,2843 (0,2116)	-0,7958 (0,0001)	-0,6486 (0,0015)	-0,4647 (0,0338)	-0,3689 (0,0998)	-0,0313 (0,8929)
AC	-0,5529 (0,009)	-0,0636 (0,7843)	-0,4353 (0,0486)	-0,5514 (0,0096)	-0,5802 (0,0058)	0,0348 (0,8808)
DOC	-0,0009 (0,9969)	-0,6217 (0,0026)	-0,4930 (0,0231)	-0,1531 (0,5071)	-0,0410 (0,8599)	-0,0844 (0,7160)
LAR	-0,2103 (0,3602)	-0,4798 (0,0278)	-0,7682 (0,0001)	-0,3461 (0,1243)	-0,2232 (0,3307)	-0,1287 (0,5782)

LEGENDA:

Atributos Instrumentais:

DUREZ - Dureza
ELASTI - Elasticidade
COESI - Coesividade
MASTI - Mastigabilidade
GOMOS - Gomosidade
ADE - Adesividade

Atributos Sensoriais:

DUR - dureza à compressão manual
DURO - dureza oral
MAST - mastigabilidade
ELAS - elasticidade
ESP - espalhabilidade
COE - coesividade
PLIQ - perda de líquido
AC - Ácido
DOC - doce
LAR - laranja
AMER - amargo residual

Pode-se observar que os maiores valores de r foram em relação a MASTI e DURO 0,83 ($p < 0,0001$); MASTI e MAST 0,78 ($p < 0,0001$); GOMOS e MAST 0,74 ($p < 0,0001$); DUREZ e DURO 0,7377 ($p < 0,0001$); DUREZ e MAST 0,7183 ($p < 0,0002$); assim como GOMOS e DURO 0,70 ($p < 0,0004$) e COESI e DURO 0,62 ($p < 0,003$).

Esses coeficientes de correlação foram comparados com valores reportados em estudos como os de MEULENTET *et al.* (1997) que correlacionaram medidas instrumentais e sensoriais de textura, (descritas por SZCZESNIAK *et al.*, 1963) e MUNOZ (1986) para desenvolvimento de escalas de referências de textura, dentre as quais gelatina e clara de ovo, encontrando entre os atributos instrumentais e os sensoriais de dureza um valor de $r = 0,77$ ($p < 0,001$). Assim como MONTAJANE *et al.* (1985) que encontraram alta correlação entre dureza instrumental e dureza sensorial em 8 diferentes géis protéicos ($r = +0,74$ $p < 0,001$); correlação significativa também foi encontrada entre mastigabilidade sensorial e dureza instrumental ($r = 0,70$ $p < 0,01$) e entre coesividade instrumental e dureza sensorial ($r = + 0,74$ $p < 0,01$).

MUNHÔZ *et al.* (1986 b) encontrou alta correlação ($r = 0.89$ $p < 0.0001$) entre firmeza sensorial e instrumental em géis de gelatina, alginato de sódio e Kappa-carragena.

NORONHA (1995) em géis lácteos de Kappa-carragena e goma logusta encontrou o maior coeficiente de correlação (r) entre o atributo mecânico e sensorial de rigidez: entre $-0,9228$ e $0,9894$ ($p < 0,001$),

DIAS (1999), em géis de pectina de baixo teor de esterificação, alginato e gelatina, observou uma alta correlação linear entre dureza sensorial e firmeza instrumental com valores de entre $r = 0,80$ a $0,97$.

Os atributos sensoriais ESP e DURO apresentaram coeficientes de correlação negativa com cinco dos parâmetros instrumentais; DUREZ, ELASTI, COESI, MASTI e GOMOS.

O atributo ELAS, assim como o atributo instrumental de ADE, não foram significativamente correlacionados a nenhum dos parâmetros de textura instrumentais e sensorial a ($p < 0.05$); e COE só foi significativamente correlacionado ($p < 0.01$) ao atributo ELASTI.

Os atributos sensoriais de sabor e os atributos de espalhabilidade (ESP) e perda de líquido (PLIQ) apresentam-se negativamente correlacionados aos atributos de textura instrumental.

O sabor laranja (LAR) mostrou correlação negativa com COESI : $r = 0,7682$ ($p < 0.001$). O sabor ácido (AC) apresentou-se inversamente correlacionado a DUREZ ($p < 0.009$), COESI ($p < 0.005$), MASTI ($p < 0.009$) e GOMOS ($p < 0.005$).

A partir dos resultados encontrados pode-se dizer que quanto maiores os valores dos atributos de textura menores os valores dos atributos de sabor, bem como o conteúdo de umidade (perda de líquido) e a espalhabilidade dos géis de alginato de sódio.

Uma outra maneira utilizada para se avaliar a correlação entre as medidas instrumentais e sensoriais, foi através da comparação dos gráficos obtidos nas ACP das medidas instrumentais (Fig. 20) e sensoriais (Fig. 23).

Visualiza-se que a distribuição das amostras é similar, indicando que a informação fornecida pelas medidas instrumentais está próxima à das medidas sensoriais de textura para as amostras 2, 6, 14 e 15, podendo-se dizer que o conjunto de medidas instrumentais desses géis pode estimar de uma maneira razoável o conjunto das características sensoriais de textura .

Para melhor prever os atributos sensoriais em função dos parâmetros instrumentais, foi realizada uma análise de regressão múltipla, obtendo-se para cada atributo sensorial as equações de maior coeficiente de determinação (R² ou R²).

Em função de seis parâmetros instrumentais as equações encontradas para cada atributo sensorial estão apresentadas na Tabela 24.

TABELA 24 - Equação da Análise de Regressão múltipla para cada atributo sensorial de textura e sabor em função das características mecânicas de textura.

ATRIBUTOS	
DUR = 0.00096225 MASTI + 3.78743721.	
DUR = 0,00039595 DUREZ + 5.96061654 ELASTI – 0,74648123 ADE	r ² = 0,31 (p<0,0085)
DUR = 0,00035207 DUREZ + 6.65925936 SPRI - 0,01466900 ADE - 1,56214525	R ² = 0,36 (p<0,0177) R ² = 0,39 (p<0,0365)
DUR = 0,00057878 DUREZ + 7,06154969 ELASTI – 0,00045892 GOMOS - 0,01651141 ADE - 1.84597671	R ² = 0,40 (p<0,0728)
DUR = 0,00080066 DUREZ + 8.16175946 ELASTI – 0,00043089 MASTI - 0,00050385 GOMO - 0,01575881 ADE - 2.70675348	R ² = 0,40(p<0,1399)nS
DUR = 0,00085444 DUREZ + 8.32298640 ELASTI 0,32692570 COESI - 0,00055009 MASTI - 0,00050775 GOMOS - 0,01547528 ADE - 3.01137574	R ² = 0,39 (p<0,2357)nS
ELAS = - 0,02224014 ADE + 3.89590822	
ELAS = 5.27570157 ELASTI - 0,02764187 ADE - 0,35047468	r ² = 0,17(p<0,05)
ELAS = 8.10364150 ELASTI – 680708736 COESI + 1.15263828	R ² = 0,40 (p< 0,01)
ELAS = 0,00142264 DUREZ + 13.80583362 ELASTI - 0,00332210 MASTI - 0,02436941 ADE - 6.75836935	R ² = 0,54(p<0,003) R ² = 0,57 (p< 0,006)

ATRIBUTOS	
ELAS = 0,00096573 DUREZ + 12.37447867 ELASTI - 3.02366826 COESI - 0,00226866 MASTI - 0,02703069 ADE - 4.05803792	$R^2 = 0,58$ ($p < 0,01$)
ELAS = 0,00087423 DUREZ 12.03792657 ELASTI - 3.09891019 COESI - 0,00214563 MASTI 0,00007139 GOMOS - 0,02701995 ADE - 3.75952716	$R^2 = 0,58$ ($p < 0,0334$)
DURO = 0,00180951 MASTI + 2.06682465 DURO = 5.98779028 ELASTI + 0,00162444 MASTI - 2.29799352 DURO = 0,00067088 DUREZ 7.68243157 ELASTI 6.53939624 COESI - 711242612 DURO = 0,00071800 DUREZ + 6.80517863 ELASTI 6.76968870 COESI + 0,01658968 ADE - 6.24213436 DURO = 0,00181845 DUREZ + 11.81689126 ELASTI + 10.21409354 COESI - 0,00245155 MASTI + 0,02233109 ADE - 11.73764490 DURO = 0,00196268 DUREZ + 12.04728458 ELASTI + 10.33267197 COESI - 0,00264544 MASTI - 12.20808653	$r^2 = 0,69$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,76$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,78$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,80$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,81$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,81$ ($p < 0,0003$)
MAS = 0,00123685 MASTI + 2.84870257 MAS = 5.35349029 ELASTI + 0,00098293 GOMOS - 1.28382465 MAS = 3.62462922 ELASTI + 4.63785529 COESI + 0,00091271 GOMOS - 2.39358893 MAS = 0,00017892 DUREZ + 4.06101474 ELASTI + 3,93074159 COESI + 0,00061685 GOMOS - 2,39824512 MAS = 0,00090003 DUREZ + 7.2370702672 ELASTI + 5.78781710 COESI - 0,00142232 MASTI + 0,00048661 GOMOS - 5.90423751 MAS = 0,00088623 DUREZ + 7.19323850 ELASTI + 5.74321984 COESI - 0,00144799 MASTI + 0,00048652 GOMOS - 0,00030396 ADE - 5.85082653	$r^2 = 0,60$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,65$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,68$ ($p < 0,0002$) $R^2 = 0,68$ ($p < 0,0006$) $R^2 = 0,69$ ($p < 0,0001$) $R^2 = 0,69$ ($p < 0,0005$)
COE = 4.09479490 ELASTI + 0,42093544 COE = 4.28577016 ELASTI - 0,00444688 ADE + 0,14428034 COE = 0,00014031 DUREZ + 4.26098778 ELASTI - 0,00026114 + 0,29966551 COE = 0,00077355 DUREZ + 7.50267660 ELASTI - 0,00122498 MASTI - 0,00040637 GOMOS - 2.27332732 COE = 0,00101725 DUREZ + 8.27887318 ELASTI + 1.69923259 COESI - 0,00177188 MASTI - 0,00043012 GOMOS - 3,79077080 COE = 0,00088111 DUREZ + 7.84612245 ELASTI + 1.25898909 COESI - 0,00148229 MASTI - 0,00043098 GOMOS - 0,00300050 ADE	$r^2 = 0,28$ ($p < 0,01$) $R^2 = 0,29$ ($p < 0,04$) $R^2 = 0,30$ ($p < 0,10$) $R^2 = 0,33$ ($p < 0,14$) $R^2 = 0,34$ ($p < 0,23$) $R^2 = 0,34$ ($p < 0,35$)

ATRIBUTOS	
- 3.2635220	
<p>ESP = 0,00107337 MASTI+ 5.52236694</p> <p>ESP = - 7.84629440 ELASTI - 0,00083088 MASTI + 11.24194742</p> <p>ESP = - 0,00033237 DUREZ – 839930275 ELASTI- 4.18130066 COESI + 13.88997643</p> <p>ESP = - 7.26463592 ELASTI - 4.10791996 COESI - 0,00036510 MASTI - 0,00032913 + 12.99398752</p> <p>ESP = - 0,00016866 DUREZ – 776281364 ELASTI – 4.68734773 COESI - 0,00033919 GOMOS - 0,00446265 ADE + b. 62241175</p> <p>ESP = -0,00016892 DUREZ - 7.76390948 ELASTII – 4.68805780 COESI + 0,00000054 MASTI - 0,00033918 GOMOS – 0,00446326 ADE + B. 62363978</p>	<p>$r^2 = 0,50$ ($p < 0,0003$)</p> <p>$R^2 = 0,73$ ($p < 0,0001$)</p> <p>$R^2 = 0,75$ ($p < 0,0001$)</p> <p>$R^2 = 0,76$ ($p < 0,0001$)</p> <p>$R^2 = 0,76$ ($p < 0,0003$)</p> <p>$R^2 = 0,76$ ($p < 0,0001$)</p>
<p>DOC = - 5.11600386 ELASTII + 7.70731701</p> <p>DOC = - 4.12943413 ELASTI - 2.45676870 COESI + 8.33207379</p> <p>DOC = - 4.19900716 ELASTI - 3.44650560 COESI + 8.71131301</p> <p>DOC = - 0,00077403 DUREZ - 7.76950241 ELASTI - 5.70997522 COESI + 0,00186601 MASTI + 12.79443756</p> <p>DOC = - 0,00089030 DUREZ - 8.13974106 ELASTI - 6.08387887 COESI + 0,00211278 MASTI - 0,00254298 ADE + 13.24437728</p> <p>DOC = - 0,00098976 DUREZ - 8.50533556 ELASTII - 6.16561372 COESI + 0,00224643 MASTI + 0,00007755 GOMOS - 0,00253132 ADE + B. 13.56864771</p>	<p>$r^2 = 0,39$ ($p < 0,002$)</p> <p>$R^2 = 0,42$ ($p < 0,007$)</p> <p>$R^2 = 0,44$ ($p < 0,01$)</p> <p>$R^2 = 0,48$ ($p < 0,025$)</p> <p>$R^2 = 0,48$ ($p < 0,05$)</p> <p>$R^2 = 0,49$ ($p < 0,10$)</p>
<p>LAR = - 10.078300561 COESI + 10.25310647</p> <p>LAR = -10.10248624 COESI - 0,00650788 ADE + 10.07837022</p> <p>LAR = - 0,49770622 ELASTI - 9.73273973 COESI - 0,00598077 ADE + 10.27368732</p> <p>LAR = - 11.54831792 COESI + 0,00042224 MASTI - 0,00034622 GOMOS - 0,00888343 ADE + 10.82816691</p> <p>LAR = - 0,00136496 DUREZ - 6.36478552 ELASTI - 14.13335546 COESI + 0,00306054 MASTI - 0,01289298 ADE + 17.15547144</p> <p>LAR = - 0,00123097 DUREZ - 5.87193287 ELASTI - 14.02316989 COESI + 0,00288037 MASTI - 0,00010454 GOMOS - 0,01291371 ADE + 16.71832717</p>	<p>$r^2 = 0,59$ ($p < 0,0001$)</p> <p>$R^2 = 0,61$ ($p < 0,0002$)</p> <p>$R^2 = 0,61$ ($p < 0,0009$)</p> <p>$R^2 = 0,64$ ($p < 0,001$)</p> <p>$R^2 = 0,68$ ($p < 0,002$)</p> <p>$R^2 = 0,68$ ($p < 0,006$)</p>

ATRIBUTOS	
AC = - 0,00064283 GOMOS+ 4.04082721	$r^2 = 0,34$ ($p < 0,005$)
AC = - 5.01241585 COESI - 0,00054649 GOMOS + 6.65063582	$R^2 = 0,41$ ($p < 0,008$)
AC = - 4.64982470 COESI - 0,00063185 GOMOS - 0,01388919 ADE + 620.662873	$R^2 = 0,45$ ($p < 0,01$)
AC = 3.86310250 ELASTI - 7.45919777 COESI - 0,00064449 GOMOS - 0,01820740 ADE + 4.67398949	$R^2 = 0,51$ ($p < 0,01$)
AC = - 0,00088106 DUREZ - 10.87740979 COESI + 0,00212762 MASTI - 0,00074551 GOMOS - 0,02302263 ADE + 9.44710335	$R^2 = 0,54$ ($p < 0,02$)
AC = - 0,00093281 DUREZ - 0,25945814 ELASTI - 10.97402084 COESI + 0,00223142 MASTI - 0,00073566 GOMOS - 0,02317988 ADE + 9.70058124	$R^2 = 0,54$ ($p < 0,05$)
P.LIQ = - 10.26660536 +ELASTI + 11.92526676	$r^2 = 0,63$ ($p < 0,0001$)
P.LIQ = - 9.82022682 ELASTI - 0,00030216 GOMOS + 12.14364025	$R^2 = 0,71$ ($p < 0,0001$)
P.LIQ = - 8.26316479 ELASTI - 4.17698896 COESI - 0,00023892 GOMOS + B. 14312590	$R^2 = 0,74$ ($p < 0,0001$)
P.LIQ = - 8.77633750 ELASTI - 5.88013669 COESI + 0,00053467 MASTI - 0,00062317 GOMOS + 14. 40521190	$R^2 = 0,77$ ($p < 0,0001$)
P.LIQ = - 0,00056579 DUREZ - 11.20879588 ELASTI - 7.13913139 COESI + 0,00163167 MASTI - 0,00047625 GOMOS + 17.00540225	$R^2 = 0,77$ ($p < 0,0002$)
P.LIQ = - 0,00065685 DUREZ - 11.49823614 ELASTI - 7.43358317 COESI + 0,00182535 MASTI - 0,00047683 GOMOS - 0,00200685 ADE	$R^2 = 0,77$ ($p < 0,0001$)

LEGENDA

Atributos Instrumentais:

DUREZ - Dureza
ELASTI - Elasticidade
COESI - Coesividade
MASTI - Mastigabilidade
GOMOS - Gomosidade
ADE - Adesividade

Atributos Sensoriais:

DUR - dureza à compressão manual
DURO - dureza oral
MAST - mastigabilidade
ELAS - elasticidade
ESP - espalhabilidade
COE - coesividade

PLIQ - perda de líquido
AC - Ácido
DOC - doce
LAR - laranja
AMER - amargo residual

Os modelos de maior R^2 significativos ($p < 0,05$) com somente uma medida instrumental foram para prever Dureza Oral (DURO) e Perda de Líquido (PLIQ) $R^2 = (0,63 \text{ } p < 6,000)$. Com atributos como DUREZ, COE e ADE o $R^2 = 0,69$ ($p < 0,0001$) foi de $0,81$ ($p < 0,0001$).

Nas equações para prever os atributos sensoriais (ESP) e (DURO), foram encontrados os maiores coeficientes de determinação (R^2 : $0,50$ e $0,69$ e R^2 entre $0,73$ e $0,81$); isto confirma a indicação anterior fornecida através dos coeficientes de correlação de que neste estudo, estes atributos sensoriais são os que mais satisfatoriamente podem ser preditos através das características instrumentais.

O atributo perda de líquido também pode ser satisfatoriamente predito, pois suas equações obtiveram coeficientes de determinação entre $0,63$ e $0,77$.

Nas equações encontradas para prever DUR e COE foram obtidos baixos coeficientes de determinação, a maioria não significativos, indicando que as características instrumentais deste estudo não conseguem prever satisfatoriamente estes dois atributos sensoriais.

Dentre os atributos sensoriais de sabor doce, laranja e ácido, o sabor laranja foi o atributo que obteve o maior coeficiente de determinação em relação a estes, podendo-se prever melhor correlação com a característica instrumental de COE.

4.6 Microscopia Ótica e Eletrônica dos Géis

O estudo abrange o emprego da microscopia para delinear a estrutura dos géis. Estudos estruturais de polissacarídeos como o alginato de sódio são importantes por possibilitar avaliar as propriedades físicas e biológicas.

As estruturas mais comuns são as formas filamentosa dissociada ou agregada. Estruturas de géis de filamentos são usualmente reveladas em maior resolução por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), enquanto géis agregados opacos podem ser visualizados por microscopia eletrônica de varredura. As imagens podem ser usadas para quantificar parâmetros da rede (WALKENSTRÖM E HERMANSON, 1997).

Ao microscópio ótico o eritritol apresentou-se cristalizado e o óleo emulsificado e não se demonstrou retido na malha do gel. Em aumento de até 1.000 vezes, o gel se estendia de forma homogênea demonstrando agrupar-se periodicamente em áreas mais densas, as quais ocorreram nas concentrações de alginato a 1,1%, 1,5% e 1,9%.

O rutenium vermelho utilizado para contraste ótico precipitou o gel alterando a estrutura e impedindo a correta análise da estrutura dos géis, e por isso não foi mais empregado.

Ao microscópio eletrônico de transmissão a técnica de “contraste negativo” pelo ácido fosfotúngstico e acetato de uranila demonstraram ser equivalentes, embora o acetato de uranila conferisse melhor contraste.

A Fig. 23 A, gel 1 (1,1% de alginato), em aumento de 17.000 vezes demonstra que a gelificação ocorre de forma periódica e tem rede tridimensional. Os pontos de iniciação são mais densos (→) e se interligam por filamentos mais delgados.

A Fig. 23 B e 23 C, gel 14 1,1% de alginato (com óleo essencial e sem óleo essencial respectivamente) com aumento de 24.000 x e 50.000 vezes, apresentam a mesma estrutura, assim como as Figs. 23 D e 23 E para o gel 2

(1,9% de alginato) com 17.000 e 36.000 vezes, que demonstram a mesma organização dos filamentos.

Os géis analisados demonstraram ser agregados tridimensionais de filamentos finos. Estes resultados estão de acordo com trabalhos de REES (1972) para géis de alginato, pectina de baixo grau de metoxilação e goma gellan.

Entretanto, é necessário esclarecer que pode ter ocorrido diferença de densidade das estruturas gelificadas, mas o padrão de gelificação, tridimensional e periódico apresenta estrutura semelhante ao modelo "caixa de ovo" proposta por GRANT *et al.*, 1973.

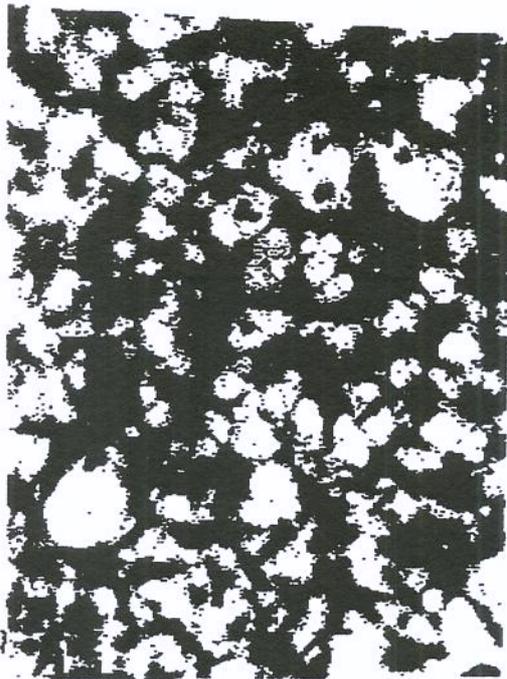


Fig.23A- gel 1 com óleo essencial de laranja (Aumento 16.700 vezes).

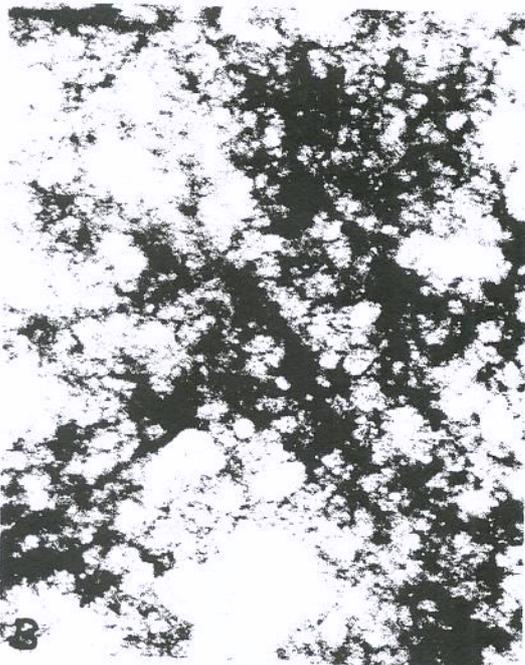


Fig. 23B – gel 14, com óleo essencial de laranja (Aumento 24.000 vezes).

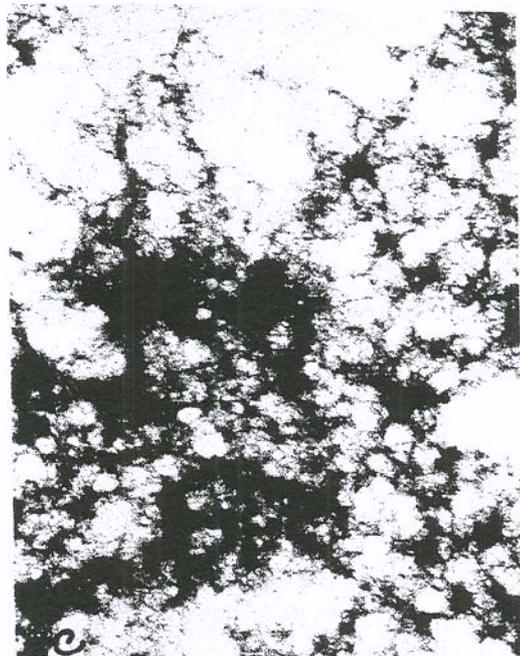


Fig. 23C - gel 14, sem óleo essencial de laranja (Aumento 50.000 vezes).

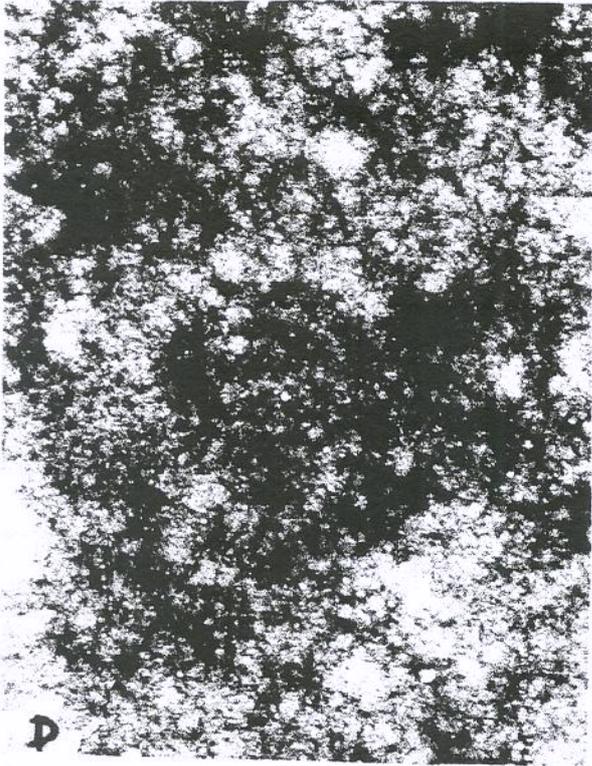


Fig. 23D – gel 2, com óleo essencial de laranja (Aumento 17.000 vezes).



Fig. 23E - gel 2, sem óleo essencial de laranja (Aumento 36.000 vezes).

FIGURA 23 -Micrografias Eletrônicas de Transmissão

5. CONCLUSÕES

Foi possível obter géis de alginato de cálcio em todas as formulações desenvolvidas experimentalmente, mesmo a baixa concentração de alginato de sódio e cloreto de cálcio, nas faixas de pH 3,0 a 7,0.

O tempo de imersão das 17 formulações nas soluções de cloreto de cálcio para que ocorresse a difusão dos íons cálcio foi reduzido para duas horas, a partir da constatação de que todas as formulações gelificaram após este procedimento, quando mantidas à temperatura ambiente por um período observado de 10 a 16 horas.

As formulações com as mesmas concentrações de alginato de sódio e cloreto de cálcio nas menores faixas de pH gelificaram em menores tempos.

A concentração de íons cálcio quantificadas nos géis a partir das três variáveis de processo (concentração de alginato de sódio, concentração de cloreto de cálcio e pH), variou de 0,04 a 0,22M, sendo observada a maior inferência de concentração de cloreto de cálcio e do pH, com as maiores concentrações desse íon quantificadas no menor valor de pH estudado (pH 7,0).

As maiores correlações entre os atributos instrumentais de textura foram entre dureza e gomosidade ($r = 0,93$ $p < 0,0001$), dureza e mastigabilidade ($r = -0,96$ $p < 0,0001$) e gomosidade e mastigabilidade ($r = 0,89$ $p < 0,0001$).

Nas faixas mais baixas de pH, a qualquer concentração de alginato, a 1% de cloreto de cálcio, a $[Ca^{++}]$ de 0,05M, obteve-se géis com dureza de 500 a 2.000 g; alterando-se o pH para 7,0, os géis apresentaram dureza na faixa de 4.000 até acima de 5.000 g, porém a maiores concentrações de alginato e de cloreto de cálcio (2,2% e 1%, respectivamente).

Os maiores valores de r entre as características sensoriais e instrumentais de textura e sabor dos géis foram em relação à mastigabilidade instrumental e dureza oral ($0,83$ $p < 0,0001$), mastigabilidade instrumental e

mastigabilidade oral (0,78 $p < 0,0001$) e gomosidade instrumental e mastigabilidade oral (0,74 $p < 0,0001$).

Os atributos mais importantes para diferenciar as amostras através do perfil sensorial de textura e sabor foram os de mastigabilidade, dureza oral e dureza manual, respectivamente.

Os atributos sensoriais mais diretamente correlacionados foram os de dureza oral e mastigabilidade $r = 0,93$, e dureza à compressão manual e dureza oral $r = 0,80$ sendo que este último apresentou correlação negativa aos de espalhabilidade e aos de sabor.

A baixas concentrações de alginato e cloreto de cálcio, a percepção dos atributos de sabor foi significativamente maior e os de textura menores ($p < 0,05$).

Os valores da equivalência do poder edulcorante do eritritol e da mistura eritritol/aspartame foram muito próximos à doçura da sacarose, nas concentrações estudadas, tendo-se como correspondência 10% de sacarose as concentrações de 0,85 e 1,14, respectivamente.

Ao microscópio ótico os géis se estendiam de forma homogênea, demonstrando agrupar-se periodicamente em áreas mais densas de forma globosa. Ao Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) demonstraram ser agregados tridimensionais de filamentos finos, apresentando um padrão de gelificação tridimensional e periódico.

A partir dos resultados encontrados pode-se dizer que quanto maiores os valores dos atributos de textura, menores os valores dos atributos de sabor, bem como o conteúdo de umidade (perda de líquido) e a espalhabilidade dos géis de alginato de sódio.

Os parâmetros instrumentais deste estudo podem prever satisfatoriamente os atributos sensoriais de espalhabilidade, dureza oral e perda de líquido nos géis avaliados.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, J. A. Sensory assessments of textural attributes of foods. In: Kromer, A. & SZCZESNIAK, A.S. **Texture Measurements of Foods**. D. Reidel Publishin, 1973. p. 175.
- ANGELUCCI, E. Menos Calorias para os polióis, 2,4 kg/g. **Alimentos e tecnologia**. São Paulo, v. 9, n. 47, p. 48–49, 1993.
- A. O. A. C. **Official Methods of Analysis**, 14 ed. Washington. D. C. Association of Official Analytical Chemist., 1980.
- ASPINALL, G. O. **Polysaccharides**, In: MEYER, R. A. EC Encyclopedia of physical science and technology. New York: Academic Press, 1987. v. 11, p.171-185.
- BAER, A. Sugar alchols in the diabetic diet. In: KRITCHMER, N.; HOLLENBECK, C. B. (Ed.) **Sugars and sweeteners**. Boca Raton: CRS Press, 1991. p. 131-150.
- BAINES, Z.V.; MORRIS E.R. Flavor taste perceptionin thickened systems: the effect of guar gum above and below c* **Food Hydrocolloids**. v.1, n.93, p. 197-205, 1987.
- BALDWIN, R. E., KORSCHGEN, B. M. Intensification of fruit flavors by aspartame. **Journal of Food Science**. 1979. v.44, p.938-39.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1995. 299 p.
- BECK, C. I. Sweetness, character, and applications of aspartic acid-based sweeteners. In: INGLETT, G. E. **Symposium sweeteners**. Westport: AVI, 1974. p.164-181.
- BELLARD, F. B. **Utilização de alginato de sódio na produção de um gel estruturado de suco de maracujá**. Campinas, 1995. Tese (mestrado) – FEA, UNICAMP.
- BELLARD, F. B.; JACKIX, M. N. H.; SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento de gel estruturado de suco de maracujá na forma de um simulado de fruta em calda: perfil sensorial e aceitação do produto final. **Ciência e Tecnologia Alimentos**. Campinas, v. 15, n. 3, p. 201–297, 1995.
- BEMILLER, J. N. ; WHISTHER, R. L. Carbohydrate. In: FENNEMA, O. R. **Food chemistry**. 3. ed. New York: Marcel Deker, 1996. Chap. 4, p. 178-185.

- BENTONIMOV, N.; WORTHINGTON, F.; GUILLON, F.&CHERBUT, C. **Effets digestifs de fibres d'algues alimentaires chez l'homme** (abstr.) AFN, 9–11, octobre/1996. Nantes.
- BILLAUX, M.S. Sugars alcohols. In: MARIE, S; PIBBOTT, J.R. (Ed.) **Handbook of sweeteners**, Belmont: AVI, 1991, p. 72-1003.
- BLACKBURN. G. L. ; KANDERS. B.S. ; LAVIN P.T. ; KELLER S.D. & WHATLEY. The effect of aspartame as part of a multidisciplinary weight-control program on short-and long-term control of body weight. **Am J Clin Nutr**, 1997. 65 p. 409-418.
- BLAIR, S. **Rheology, texture, and gums** **The Gum Technology in the food industry** Glicksman Martin, 1969. chapter 3.
- BLUMENKRANSTZ, M. **Obesity**: The world's metabolic disorder. <http://www.quantumhap.com/obesity.htm>. 28/ago/1997.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo : Varela, 1992. p. 39- 45.
- BOBIN-DUBIGEON, C.; LAHAYE, M.; GUILLON, F. & BARRY, J. L. Human colonic bacterial degradability of dietary fibres from sea-lettuce (*Ulva* sp.) **Journal Science Food Agriculture**, v. 73, p. 149–159, 1997a.
- BOBIN-DUBIGEON, C. LAHAYE, M.; GUILLON, F. & BARRY, J. L. Chemical composition physico-chemical properties, enzyme inhibiting and fermentative characteristics of dietary fibres from edible seaweeds. **Sciences des Aliments**. v.17, p. 619–639, 1997b.
- BORNET F. B. R. J. ; BLAYO A. ; DAUCHY F. ; SLAMA, G. Plasma and urine kinetics of erythritol after oral ingestion by healthy humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**. v. 24, S 280- S285,1986a.
- BORNET F. B. R. J. ; BLAYO A. ; DAUCHY F. ; SLAMA, G. Gastrintestinal response and plasma and urine determinations in humans subjects givem erythritol. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**. v. 24, S 296- S303, 1986b.
- BOURNE, M. C. Texture profile of ripening pears. **Journal of Food Science**, Chicago, p. 223-226, 1968.
- BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. New York: Academic Press, 1982. 325 p.

- BRADSTOCK, M. K. et al. Evaluation of reactions to food additives: the aspartame experience. **American Journal Clinical Nutritions**. v. 43, p. 464-9, 1986.
- BRANDT, M.A.; SKINNER, E.Z.; CONNAN, J.A. Texture profile method. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 28, p. 404-409, 1963.
- BRENNAN, J. G. Texture perception and measurement. In: PIGGOTT, J. R. (Ed) **Sensory applied**. Science Publ., 1984. p. 59-91
- BURLEY, U. J.; LEEDS, A. K.; BLUNDELL, J. E. The effect of high and low fiber breakfast on hunger, satiety and food intake in a subsequent mead. **International Journal of Obesity**. v. 11, p. 87-93, 1987, suppl. 1.
- BUTTERWORTHS MITCHELL, J. R. Rheology of polysaccharide solutions and gels. In BLANSHARD, J. M. V. ; MITCHELL, J.R. (eds), **Polysaccharides in foods**. London, 1978. p. 51-72.
- BYRON, D. H. Codex alimentarius. **Food Nutrition and Agriculture**, Rome, n. 10, p. 44-47, 1994.
- CALORIE CONTROL COUNCIL. **Diet and low - calorie/reduced at products survey**. Atlanta: Calorie Control Council, 1993.
- CALLISTER E. KELLR A.; HIKMET R. M. Thermoreversible gels Their classification relation to phases transitions and vetrificaton, their morphology and properties **Macromolecular Chemistry Macromolecula Symposium**. v. 39. p. 19-54, 1990.
- CAMPOS, S.D.S. **Metodologia objetiva para avaliação de parâmetros químicos**. Campinas, [s.n.], 1989. p. 43-59.
- CARDELLO, A. V. ; MALLER, O. Ppsychophysical Bases for the Assessment of Food Quality , IN: KAPSALIS, J. G. **Objective methods in food quality and assement**, Boca Ration: CRC Press, 1987, p. 61-126.
- CARDELLO, H.M. A B. **Caracterização sensorial de aspartame, ciclamato/sacarina 2:1 e extrato de folhas de estévia (Stévia rebaudiana Bertoni)**: Equivalência em doçura, análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade. Campinas, 1996. Dissertação (doutorado)-FEA, UNICAMP.
- CARR, J. M.; SUFF ERLING, K. & POPPE, J. Hydrocolloids and their use in the confectionery industry – **Food Technology**, p. 41-44, 1995
- CERESTRA. Proceiding th bulk of the flavour. **Food Processing**, Hent, v. 62, n. 11, p. 25-31, 1993.

- CHAI, E. OAKENFULL, R. L. MCBRIDE; LANE, A. G.. Sensory perception and rheology of flavoured gels. **Food Australia**. v. 43, n. 6, p. 256-261, 1991.
- CHOU, M. L. Trends in food consumption during 1970-1990. **Cereal Foods World**, St. Paul,. v. 37, n. 4, p. 330-331, 1992.
- CIVILLE, G.V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**. v. 4, p. 204-223, 1973.
- CLARE, K. Algin. In: GLICKSMAN, M. **Industrial Gums: Polysaccharides and their derivates**. 3 ed, Academic Press, 1993. chap. 6.
- CLARK, R. C. **Flavor and texture factores in model gel systems**. In: TUME, A. (Ed) **Food technology international Europe**. London: Sterling Publications International Ltd., 1990, p. 271-277.
- CLONINGER, M. R.; BALDWIN, R. E. L-aspartyl-L phenylalanine methyl ester (aspartame) as a sweetener. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, p. 347-349, 1974.
- COCHRAN, B. Y.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2. ed. New York: John Wiley, 1964.
- COCHRAN, W. G. ; COXE. **Experimental designs**. Ed, Wiley, 1957. 611 p.
- CONTRELL, I. W. ; KOVACS P. **Algin Foods Colloids**. Westport: AVI, 1977. chap. 11, p. 439- 461.
- CONTRELL, I. W. ; KOVACS P. Xanthan gum. In: DAVIDSON , R. (Ed) **Handbook of water: soluble gums and resins** . New York: McGran Hill, 1980. p. 24
- COOK. W. H. ; SMITH. D.B. Can. **Journal Biochemistry Physiology**. v. 32, p. 227, 1954.
- COSTELL, E. & DURÁN, L. Medida dela textura de los alimentos. **Rev. Agriquim. Tecno. Aliment**. v. 15, p. 154–159, 1975.
- COSTELL, E.; TRUJILLO, C.; DAMASIO, M. H. ; DURÁN, L. Texture of sweet orange gels bu free – choice profiling. **Journal Sensory Studies**. v. 10, p.163–179, 1995.
- DAGET, N. ; COLLYER, S. Comparison between quantitative descriptive analysis and physical measurements of gel septems and evaluation of the sensorial method. **Journal of Texture Studies**, v. 15, n. 3, p. 227–245, 1984.

- DAMÁSIO, M.H. **Medida das propriedades mecânicas e da textura de géis mistas de K-carragenato-goma garrafim-goma guar, influência da composição e relação entre os dados instrumentais e sensoriais.** Campinas, 1990. 263 p. Tese (Doutorado) - FEA, UNICAMP.
- DAMASIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. **Review Agroquim. Technology Aliment.** v. 31, n. 2, p. 165–178, 1991.
- DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E.; DURÁN, L. Sensory quality of low-sugar orange gels with gellan xanthan and locust bean gums. **Z. Lebensm. Unters. Forsch. A**, Berlin, v. 204, p. 183-188, 1997.
- DAMASIO, M. H. ; COSTELL, E.; DURÁN, L. Optimising acceptability of low-sugar strawberry gels segmentig consumers by Internal preference mapping. **Journal Science Food Agriculture.** v. 79, p. 626–632, 1999.
- DEFELICE. S. L. The nutaceutical revolution: its impact on food industry. R&D. Trends in **Food Science & Tecnology.** v. 6, p. 59-61, 1995.
- DIAS. N. G. **Perfil de textura instrumental e sensorial de géis de pectina de baixo teor de esterificação, alginato e gelatina.** Campinas, 1999, 125 p. Dissertação (mestrado)-FEA, UNICAMP.
- DOUBLIER, J. L.; LAUNAY, B. & CUVELIER, G. Viscoelastic properties of food gels. In: RAD, M. A.; STEFFE, J. F. (Ed) **Viscoelastic Properties of Food.** M. Pp. 371-434, London: Elsevier App. Sci. Pub, 1992. p. 371-434.
- DURÁN, L.; COSTELL, E.; FISZMAN, S. M. Colaborative compression tests on gels. E, physical properties of foods. 2 ed. JOWITT, R.; ESCHER, F.; KENT, M.; MCKENNA, B.; ROGUS, M.; ELSIVIER. London: **Elsevier Applied Science.** p. 425-443, 1987.
- DZIEZAK, J. D. A focus on gums . **Food Technology**, Chicago. v. 45, p.115-132, 1991.
- EARLE, R., V. S. **Patent** 3.395.024, 1968.
- EDLIN, R. L. ; ROCKS, J. K., US. **Patent** 3.480.450, 1969. Can. Patent 835.325, 1970. Brit. Patent 1.142.807, 1965.
- FINER, N. Are Sweeteners really useful to diabetics? In: GRENBY, T.H. (Ed.). **Progres in sweeteners.** London: Elsevier Applied Science, 1989. p. 215–239.
- FLEURENCE, J. L'abilitation des algues en alimttation humaine. **Ind. Alim. Agric.**, p. 501-502, 1991.

- FLORY, P. J. **Principles of polymer chemistry**. New York: Cornell University Press, 1953. pp. 347-398.
- FRANCISCHI, R. P. ; PEREIRA, L.O.; FREITAS, C.S.; KLOPFER, M.; SANTOS, R.C.; VIEIRA, P.; JUNIOR, A.N.C. Efeito da intensidade da atividade física e da dieta hipocalórica sobre consumo alimentar, a composição corporal e a colesterolemia em mulheres obesas. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 1–8, 1999.
- FREITAS, S. M. L. ; JACKIX, M. N. H. ; SILVA, M. A. A. P. **Aceitação de Texturizado de baixo valor calórico obtido com alginato de sódio e suco misto de laranja**. In: SIMPÓSIO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 3 ed, Campinas: FEA, UNICAMP, 1999.
- FREITAS, S. M. L. **Utilização de alginato de sódio em texturizados de suco misto de laranja e cenoura de valor energético reduzido**. Campinas, 1999 Tese (Mestrado) – FEA, UNICAMP.
- FRIEDMAN, H. H.; WHITNEY, J.E.; SZCZESNIAK, A. S. The texturometer-a New instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**, Chicago. v. 28, p. 390-396, 1963.
- GAMINI, A. ; CIVITARESE, G. ; CESÁRIO, A ; DELBEN, F. & PAOLETTI, S. Gelation mechanism of ionic polysaccharides. **Macromolecular Chemistry Macromolecula Symposium**. 39 p.143-154, 1990.
- GERDES, D. L. BURNS, E. E. HARROW, L. S. Some effects of Gelling Agents and Sweeteners on High and Low Sugar Content Carbohydrate Gels **Lebensm. Wiss. U. Technol.** v. 20. p. 282-286, 1987.
- GIOVANNI, M. Response surface methodology and product optimization. **Food Technology**. v. 37: 41-45, 83, 1983.
- GLICKSMAN, M. Alginates. In: GLICKSMAN, M. **Utilization of natural polysaccharide gums in the food industry**. New York: Academic Press, 1962. Chap. 4, p. 138–162.
- GLICKSMAN, M. Seaweed extracts. In: GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry**. New York: Academic Press, chap. 8, p. 199-273, 1969.
- GLICKSMAN, M. Gelling hydrocolloids in food product application. In: **Polysaccharides in food**, BLANDSHARD, J. M. V.; MITCHELL, J. R. (ED) London: ButterWorths, London, parte 4, cap 12, p. 185-204, 1979

- GLICKSMAN, M. **Food hydrocolloids**. Boca Raton: CRC Press, v. 2, p.115-188, 1983.
- GLICKSMAN, M. Hydrocolloid functionality in fabricated foods. **Food Technology**. Australia. v. 38, p. 17-25, 1986.
- GLICKSMAN, M. Utilization of seaweed hydrocolloids in food industry. **Hydrobiological**, 151/152, p. 31-47, 1987.
- GODSHALL, M.A. How carbohydrates influence food flavor. **Food Tecnology**. v. 51, n. 1, p. 63-67, 1997.
- GOOSSENS J. ; ROPER. H. Erytritol: a new sweetener. **Confectionery Production**. p. 182-187, 1994.
- GRANT, G. T. ; MORRIS, E. R. ; REES, D. A. ; SMITH, P. Y. ; THOM, D. Biological interaction between polysaccharides and divalent cations. Egg-Box model. **FEBBS LETTER.**, Amesterdan. v.32, p. 195-206, 1973.
- GUINARD, J. X.; MARTY, C. Time-intensity measurement of flavor release from a model gel sistem: effect of gelling agente type and concentration. **Journal of Food Science**, Chicago. v. 60, p. 727-730, 1995.
- HARADA, T. Electron microscopic studies on the vetras tructure of curdlan and other polysaccharides in gels used in food. **Food Structure**, vol. 10, p. 1-18, 1991.
- HARPER, A. E. Phenylalanine metabolism. In: STEGINK, L. D., FILER JR.; L. J. **Aspartame physiology and biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1984. p. 77-110.
- HAUG, A. ; SMIDSRØD. Determination of Intrinsic viscosity of alginates. **Acta Chemica Scandinavica**, v. 16, p. 1569-1578, 1962.
- HAUG, A. **Report 30**. Trondheim: Norwegian Institute Seaweed Research, 1964.
- HENRY, W. F.; KATZ, M. H. ;PILGRIM,F. J.; MAY, A. T. Texture of semi-solids foods: sensory and physical correlates. **Journal of Food Science**, Chicago. v. 36, p. 155-161, 1971.
- HIELE M. ; GHOOS Y. ; RITGEERTS P. ; VANTRAPPEN G. Metabolism of erythritol in humans : Compararison with glucose and lactitol. **British Journal of Nutrition**, 1993, 169-176.

- HOMLER, B. Nutrasweet biond sweetener: a look beyond the taste In: BIRCH, G.G.; LINDLEY, M.G. **Low calorie products**. London: Elsevier Applied Science, 1988. p. 113-125.
- IMERSON, A. Aplication of alginats. IN: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J.; WILLIAMS, P. A. (Ed) **Gums and stabilizers for the food industry**, 5. Oxford: Pergamon Press, 1990. p. 553- 592.
- INGLETT, G. E. Sweeteners: areview. **Food Tecnology**. v. 35, p. 37-41, 1981.
- ISHIKAWA, M.; MYASHITA, M.; KAWASHIMA, Y.; NAKAMURA, T.; SAITOU, N.; MODDERMAN, J. Effects of oral administration of erythitol on patients with diabetes **Regulatory Toxicology and Pharmacology**. v. 24, p. S303- S308, 1996.
- JAIME, I.; MELA, D. J.; BRATCHELL, N. A study of texture-flavor interaction using : free-choice profiling. **Journal Sensory Studies**. v. 8 p. 177-188, 1993.
- JARDINE, N. J.; EDWARDS, D. G. & MCMENEMY, C. Implicatio of nutricional recommendations on sugar for product development. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 49, n. 1, p. 23–30, 1990.
- JOANNY J.F. The sol-gel transition. **Physica**. p. 381-385, 1989.
- KAEFFER, B.; BÉNARD, C.'BLOTTIÈRE, H. M. ; CHERBUT, C. Treatment of rat proximal and distal colonic cells with sodium orthovanadate enhances their adhesion and survival in primary culture. **Cell. Bibl. Int.**, v. 21, p. 303–314, 1997.
- KALETUNC, G.; NUSSINOVITCH, A. ; PELEG, M. Alginate texturization of highly acid fruit pulps and juices. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 55, n. 6, p. 1759–1761, 1990.
- KING, A. H. Brow seaweed extracts (alginates). IN: GLICKSMAN. M. E. D. **Food Hydrocolloids**. Boca Raton: CRC Press, v. 2, chap. 6, p. 115-190, 1983.
- KING, K. Changes in the functional properties and molecular weight of sodium alginate following γ irradiation. **Food Hydrocolloids**, Oxford. v.8, p. 83-96, 1994.
- KLOSE, R. E. GLICKSMAN, M. Gums. In: FURIA, T. E. **Handbook of Food Additives**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 1975. p. 295-359.
- KOHN, R. Ion binding on polyuronates – alginato and pectin. **Pure Applied Chemistry**, Oxford, v. 42, p. 371–397, 1975.

- KOHN, R.; STICZAY, T. Circular dichroism and the cation binding to polyuronates. **Col. czech, Chem. Commun**, Praga, v. 42, p. 2372–2378, 1977.
- KRAMER, A. Food texture-definition, measurement and relation to other food quality attributes. In: KRAMER, A.; SZCZESNIAK, A. S. (Ed). **Texture measurements of foods**. Amsterdam: D. Reidel, 1973. chap. 1. p. 1-9.
- KREGER, D. R. Gell Walls. In: **Physiology and biochemistry of algae**. New York: Academic Press, 1962. p. 315-335.
- KUDELA, V. Hydrogels. In: MARK, H. F.; BIKALES N. M.; OVERBERG, C. G.; MENGES, C. ; KROSCWITZ, J.I. (Ed) **Encyclopedia of polymer science and engineering**. New York: Jonh Wiley, v. 7, p. 783-807, 1987.
- LAHAYE.M ; KAEFFER B. Seaweed dietary fibres: structure, physico-chemical and biological properties relevant to intestinal physiology. **Sciences des Aliments**. p. 563-584, 1997.
- LAHAYE, M. ; KAEFFER B. Les fibres algales biologie générale **Cah. Nutr. Diét.** v. 32, n. 2. p. 90-99, 1997.
- LAUNAY, B.; DOUBLIER, J. L.; CUVELIER, G. Flow roperties of aqueos solutions and dispersions of polysaccharides. In: MITCHELL, J. R.; LEDWARD, D. A., (Ed) **Functional Properties of Macromolecules**, Elsevier Applied Science Publishers, Barking, v. K, Chap. 1, p. 1-78, 1986.
- LEVEILLE, G.A. **The role of dietary fiber in nutrition and health, carbohydrates and health**. Chapter B., 1975.
- LEVITT, D. J. The use of sensory and instrumental assessment of organoleptic characteristics via multivariate statistical methods. **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v. 5, p. 183-200, 1974
- LITTLECOTT, G.W. Food gels - the role of alginates. **Food Technology In Australia**, v. 34 n. 9, p. 412-418, 1982.
- MCDOWELL, R.H. Los alginatos en la alimentacion. In: MCDOWELL, R.H. **Properties of Alginates**. 3. ed. London: Alginats industries limited. 1973. p. 1-60.
- MEILGARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1987. 342 p.
- MEULLENET, J. F. C. By – Cyclical instrument for assessing texture profile parameters and its relations hip to sessory evaluation of texture. **Journal of Texture Studies**, v. 28, p. 101-118, 1997.

- MEULLENET, J. F. C.; CARPENTER, J. A.; LYON, C. E. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. **Journal Sensory Studies**. Trumbull. v. 13, p. 77-93, 1997.
- MICHEL, C.; MC FARLANE, G. T. Digestive fates of soluble polysaccharides from marine macroalgas: involvement of the colonic microflora and physiological consequences for the host. **Journal Applied Bacteriology**. v. 80: p. 346–369, 1996.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, BRASIL: **Abordagem Nutricional em Diabetes Mellitus**. Brasília, 2000.
- MONTEJANO, J. G.; HAMANN, D. D.; LAIER, T. C. Comparison of two instrumental methods with sensory texture of protein gels. **Journal of Texture Studies**, Connecticut. v. 16, p. 403-424 , 1985.
- MORRIS, E. R.; REES, D. A .; THOM, D. Characterization of polysaccharide structure and interactions by circular dichroism. Order – disorder transition in the calcium alginate system. **Journal Chem. Soc.**, Chem. Commun. p. 245, 1973.
- MORRIS, V. J. Gelation of polysaccharides . In: MITCHELL., J. R. ; LEDWARD, D. A. **Functional properties of food macromolecules**, London: Elsevier Applied Science, 1986. Chap. 3, p. 121-127.
- MOSKOWITZ, H. R. Magnitude estimation: notes on what, how, when and why to use it. **Journal of Food Quality**, v. 1 p. 195, 1977.
- MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods-marketing and R & D approaches**. New York: Food & Nutrition Press, 1983. 586p.
- MOUQUET C.; DUMAS, J. C. ; GUILBERT, S. Texturization of sweetened mango pulp: optimization using response surface methodology **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 6, p. 1395–1400, 1992.
- MOUQUET, C.; AYMARD, C.; GUILBERT, S. CUVELLIER, G. ; LAUNAY, B. **Influence of Initial passion Fruit Pulp**. *Lebensnr, Wiss, U, Technol.*, v. 30, p. 129–134, 1997.
- MPIRRS, W. M.; PINFOLD, H. J.; WEIR, G. S. D. ; WHITE, J. A. **The stevens LFRA texture analyser. A new instrument for gel testing and for evaluation of texture**. The Brit, Food Manufact Ind. Res. Assoc. (Technical Circular, no 706).

- MUÑOZ, A.M.; PRONGBORN, R.M.; NOBEL, R.C. Sensory and mechanical attributes of gel texture, gelatin, sodium alginate and kappa-carragenan gels. **Journal Texture Studies**. v. 17, p. 17-36, 1986a.
- MUÑOZ, A.; CHAMBERS IV, E.; HUMMER, S. A multifaceted category study: how to understand a product category and its consumer responses. **Journal of Sensory Studies**, Trumbull. v. 11, p. 261-294, 1996b.
- MUNRO, I. C. ; McGIRR L. G. ; NESTMANN E. R. ; KILLE J. W. Alternative approaches to the safety assessment of macronutrient substitutes. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**. v. 23, p. S689-699, 1996.
- NODA K. ; NAKAYAMA K. ; INOUE Y. **Study on excretion of erythritol after oral administration to human subjects**. Division of Metabolism. Omiya Research Lab. Nikken Chemical, 1988. (Internal Report).
- NORONHA, R. L. F. **Análise sensorial da textura e medidas do comportamento mecânico de géis lácteos mistos de Kappa-carragena e goma logusta**. Campinas, 1996, 92 p. Dissertação (mestrado)-FEA, UNICAMP.
- OAKENFULL, D. Gelling Agents. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 26 n. 1, p. 1-25, 1982.
- OAKENFULL, D. Food gels. **CSIRO Food Research Quarterly** , Melbourne. v. 44 p. 49-55, 1984.
- OAKENFULL, D. A method for using measurements of shear modulus to estimate the size and thermodynamic stability of junction zones in monovalently cross-linked gels. **Journal of Food Science**. v. 49, p. 1103-1110, 1984.
- OAKENFULL, D. Gelling agents. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Boca Raton, v. 26, p. 1-25, 1987.
- OCIO, M. J. ; FISZMAN, S. M. ; GASQUE, F. ; RODRIGO, M. & MARTINEZ. A development of a restructured alginate food particle suitable for high temperature-Short time process validation. **Food Hydrocolloids**. v.11 n. 4, p. 423-427, 1997.
- ODA, T.; KUSAKABE, M.; SASAKI, T. Produção de eritritol e sua aplicação prática em tecnologia de alimentos. **Shokuhin Kougvo**. v. 32 n. 4, p. 41-48, 1989.
- ODA, T.; SASAKI, T. Eritritol biotechnology production. **New Food Industries**. v. 35, n. 40, p. 38-45, 1993.

- OLINGER, P. M. New option for sucrose - free chocolate. **The Manufacturing Confectioner**, Chicago. v. 70, n. 5, p. 127-131, 1990.
- ONSØYEN, S. Alginates. In: IMENSON, A. **Thickening and gelling agentes for food**. 2ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. chap. 2, p. 22-44.
- PAPAGEORGION. M. ; KASAPIS S. ; GOTHARD. M.G. **Carbohydrate Polymers**, Chicago. v. 24, p. 199-207, 1994.
- PASTOR, M.V.; COSTELL, E. ; DURÁN, L. Effects of hydrocolloids and aspartame on sensory viscosity and sweetness of low calorie peach nectars. **Journal of Texture Studies**, v. 27, p. 61-79, 1996.
- PARASKEVOPOULOU, A. ; KIOSSEOGLU, V. Texture profile analysis of heat – Formed gels and cakes prepared with low cholesterol egg yolk concentrates. **Journal of Food Science**. v. 62, n. 1, p. 208-211, 1997.
- PASTOR, M.V.; COSTELL, E.; ISQUIERDO, L. ; DURÁN, L. Optimizing Acceptability of a High Freeit-Low Sugar Peach Nectar Using Aspartame and Guar gum, **Journal of Food Science**. Chicago, v. 61, n. 4, 1996.
- PERCIVAL, E. ; MCDOWELL. R.H. **Chemistry and enzymology of marine algal polisaccharides**. London: Academic Press, 1967. 219 p.
- POPKIN, B. M. ; DOAK, C. M. The obesity epidemic is a worldwide phenomenon. **Nutrition Reviews** , Washington DC. v. 56, n 4 (Pt 1), p. 106-114, 1998.
- PSZCZOLA, D. .E. Sweet beginnings to a new year. **Food Technology**, Chicago. v.53. n. 1, p.70-75, 1999.
- PYE, J. The scientific approach to product quality. **Food Australia**, v. 48, n. 9, 1996.
- RAPAILLE, ANDRÉ. ; LOCK, PETER de. The incridible bulk - starrch derived sweeteners. **Confectionery Production**, Survey. v. 89, n. 10, p. 801-804, 1993.
- RÊ, R. Usos do aspartame em alimentos e bebidas. **Boletim SBCTA**. Campinas, v. 24, p. 147-162, 1990.
- REDLINGER, P. A. ; SETESER, C.S. Sensory quality of selected sweeteners: aqueous and lipid model systems. **Journal Food Science**. Chicago. v. 52, p. 451-4, 1987.

- REES, D. A. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks. **Adv. Carbohyd. Chem. Biochem.** v. 24, p. 267-332, 1969.
- REES, D. A. Shapely polysaccharides. **Journal of Biochemistry.** Tokyo. v. 126, p. 257-273, 1972.
- REIFEN R.; EDRIS M.; NUSSINOVITCH. A novel, vitamin A-fortified, edible hydrocolloid sponge for children. **Food Hydrocolloids**, v. 12, p. 111-114, 1998.
- RIPPER, A. ; HOMLER, B. E. ; MILLER, G. A. ASPARTAME. In: NABORS, L. B.; GELARDI, R.C. **Alternatives sweeteners.** New York: Marcel Dekker, 1986. p. 43-70.
- SAS. **Statistical analysis system**, versão 6.08. Cary: SAS Institute, N. C., 1992.
- SASAKI, T.; ODA, T.; KAINUMA, T. Development of techniques for continuous production of a novel sweetener, erytritol, by fermentation using *Aureobasidium* sp. **Bioscience, and industrie.** v. 46, n. 6, p. 3295-3298, 1988.
- SCOTT BLAIR, G. W. Rheology in food research. **Advances in Food Research.** New York, v. 8 p. 1-56, 1958.
- SMIDSRØD, O.; HAUG, A. Determination of intrinsic viscosity of alginates. **Acta Chemica Scandinavica.** v. 16, p. 1569-1578, 1962.
- SMIDSRØD, O.; HAUG, A. **Acta Chemica Scandinavica.** v.22 p. 797, 1968.
- SMIDSRØD, O. **Solution properties of alginate.** Carbohydrate. Research, London, v.13, p. 359-372, 1970.
- SMIDSRØD, O. Molecular basis for some physical properties of alginates in the gel state. **Faraday Disc. Soc.**, London v. 57, p. 263-274, 1972.
- SOUZA, W. **Técnicas básicas de microscopia eletrônica aplicada às ciências biológicas.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia, 1998.
- STATISTICA for Windows - release 5.0 Tulsa: A. **StatSoft**, 1995.
- STOKKE, B. T.; SMIDSRØD, O. & ELGSAETER, A. Electron microscopy of native Xanthan and Xanthan exposed to low ionic strength. **Biopolymers**, v. 28, p. 617-637, 1989.

- STONE H. ; OLIVER S. Effect of viscosity on the detection of relative sweetness intensity of sucrose solutions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 1, p. 129–134, 1966.
- STONE, H. S J. L.; OLIVER. S.; WOOSLEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago. v.28, p. 24-34, 1974.
- STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Orlando: Academic Press, 1985. 311p.
- STONE, H. S. ; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1993. 336 p.
- SUZUKI, T.; OHSUGI, Y.; YOSHIE, Y.; SHIRAI, T. ; HIRANO, T. Dietary fibre content. Water-holding capacity and binding capacity of sea weeds. **Fish. Sci.**, v. 62, p. 454–461, 1996.
- SZCZESNIAK, A. S. Classification of textural characteristics. **Journal Food Science**. v. 28, p. 385-409, 1963.
- SZCZESNIAK, A. S. General foods texture profile revised: Ten years perspective. **Journal Texture Studies**. v. 6, p. 5-17, 1975.
- SZCZESNIAK, A. S. Textural characterization of temperature sensitive foods. **Journal Texture Studies**, v. 6, p. 139–156, 1975.
- TAGER, A. **Physical chemistry of polymers**. Moscou: Editora, 1978. p. 334–358.
- TANAKA, T. Gels . In: MARK, H.F.; BIKALES N.M.; OVERBERG, C. G.; MENGES, C.; KROSCWITZ, J.I. (Ed) **Encyclopedia of polymer science and engineering**. New York: Jonh Wiley. v. 7, p. 514-531, 1987.
- TANAKA, T.; SWISLOW, C.; OHMINE, I. Phase separation and gelation in gelatin gels. **Physical Review Letters**. v. 42, p. 1556-1559, 1979.
- TANFORD, C. **Physical chemistry of macromolecules**. New York: Wiley, 1961.
- THOMPSON, D. R. Response surface experimentation. **Journal of Food Proc. Preserv.** Westport, v. 6, p. 155–188, 1982.
- TOLSTOGUZOV, V. B. ; BRANDO, E. E. Fabricate foods tuffs as multi component gels. **Journal Texture Studies**. v. 14, p. 183-212, 1983.

- TRUONG, U. D.; WALTER W. M. ; GIESBRECHT, F. G. Texturization of sweet potato puree with alginati: effects of tetrasodium pyrophosphate and calcium sulfate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 5, p. 1054–1074, 1995
- VAUGELADE, P.; BERNADR, F.; DUEE, P. H. ; DARLY-VRILLON, B. Absortion intestinale du glucose et response insulinique chaz lê porc: effect d'une supplémentation em fibres d'algues de vicosité différente (abstr.) **AFN**, 9–11 octobre/1996. Nantes.
- VICENT, D.L. Can. **Journal Technology**. v. 34, p 220, 1956.
- WALKENSTRÔM, P. ; HERMANSON, A. M. High-pressure treated miced gels of gelatin and whey proteins. **Food Hydrocolloids**. v. 11, n. 2, p. 195–208, 1997.
- WALRKER, B. Gums and stabilisers in food formulation, In: **Gums stabilisers for the food industry**, 2. Permamon Press, 1982. p.137.
- WEDLOCK. D. J. ; FASIHUDDIN, B. A. Effect of formaldehyde pre- treatment on the intrinsic viscosity of alginate from various brown seaweeds. **Food Hydrocolloids**, Chicago. n. 4, p. 41–47, 1990.
- WEINER, G. E.; NUSSINOVITCH, A. Succulent hydrocolloid-based, exturized grapefruit products. **Lebens M. Wiss Technology**, v. 127, p. 394-399, 1994.
- WELLS, A. G. The use of intensive sweetwners in soft drinks. In: GREMBY, T. H. **Progress in sweeteners**. New York: Elsevier Applied Science, 1989. p.121-142.
- WHISTLER, R. L. Factors influencing gum costs and applications.. In: WHISTLER, R. L. **Industrial gums**. New York: Academic Press, 2. ed, parte A, cap. L, p. 2-18, 1973.
- WHISTLER, R. L. Solubily of polyssaccharides and the behavior in solution. In Carbohydrate in solution. **Advances Chemistry Series**, 117. p. 242-255, 1975.
- WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Carbohydrate. In: FENNEMA, O. R. **Food Carbohydrate**. Marcel Dekker, 1985.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, **Diet Nutrition and the prevention of chronic**. Diseases. Geneva, 1990. p. 69–73 (Technical Report Serius, 797).