

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

**UTILIZAÇÃO DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ –  
GELATINIZADO E GOMAS XANTANA E GUAR COMO  
SUBSTITUTO DE GORDURA EM BOLOS.**

Tese de Mestrado

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Vânia Facchini de Bertolo aprovada pela Comissão Julgadora em 08 de janeiro de 1998.

Campinas, 08 de janeiro de 1998

  
Prof. Dr. Cesar Francisco Ciacco  
Presidente da Banca

**VÂNIA FACCHINI DE BORTOLO**

Engenheira de Alimentos

**PROF. DR. CÉSAR FRANCISCO CIACCO**

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

Campinas, 1998



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
V	Ex.
PREC. BC	36587
PREC.	229,99
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	19/02/99
N.º CPD	

CM-00120933-5

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

B648u

Bortolo, Vânia Facchini de

Utilização de amido de milho ceroso pré-gelatinizado e gomas xantana e guar como substituto de gordura em bolos / Vânia Facchini de Bortolo -- Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: César Francisco Ciacco  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

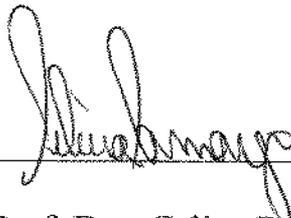
I. Gomas. 2. Guar. 3. Amido. 4. Bolo. 5. Gordura. I. Ciacco, César Francisco II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

**BANCA EXAMINADORA**



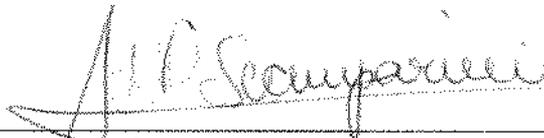
---

Prof. Dr. César Francisco Ciacco  
(orientador)



---

Prof. Dra. Celina R. O. Camargo  
(membro)



---

Prof. Dra. Adilma R. P. Scamparini  
(membro)

---

Prof. Dr. Yoon Kil Chang  
(membro)

Campinas, 1998

Ao Flávio,  
À minha mãe Dalva,  
À Wagner e Marinês  
E às minhas queridas sobrinhas  
Giovanna e Giuliana

Dedico

## Agradecimentos

À Deus, por me dar força para realizar este trabalho

Ao Professor Doutor César Francisco Ciacco, pela orientação e paciência durante o trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, que possibilitou a realização deste trabalho.

À AB Alimentos e Techonofood, empresas em que trabalhei e que incentivaram a realização do trabalho. À Technofood pela ajuda na impressão dos exemplares.

À Prof. Dra. Celina R. O. Camargo, à Prof. Dra. Adilma R. P. Scamparini e ao Prof. Dr. Yoon Kil Chang, pelas sugestões.

Ao Flávio, pelo incentivo e ajuda nas horas difíceis.

Às minhas amigas Roseli , Vânia e Patty, pela amizade de todas as horas.

À Nilda, pela ajuda na parte estatística.

À Martha Miranda, pelo auxílio e sugestões.

À todos os amigos do Laboratório de Cereais.

Aos amigos e funcionários do Laboratório de Cereais, Kelly, José, Nilo e Carol, pela colaboração durante a parte prática.

À Aninha, Ana Maria, Ana Lourdes, Dirce e Yara pela colaboração

Aos funcionários Cosme, Margareth, Marçal, Marlene, Toninho, Geraldo, Creusa, Cláudia e Marli pela contribuição.

À todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

---

**ÍNDICE**

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMO.....	XIII
SUMMARY.....	XV
<b>I. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
1. SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA EM ALIMENTOS.....	3
2. UTILIZAÇÃO DOS HIDROCOLÓIDES COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA.....	9
3. UTILIZAÇÃO DE AMIDOS EM BOLOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO .....	12
3.1 Estrutura e Propriedades do Amido.....	12
3.2 Gelatinização do Amido.....	14
3.3 Retrogradação do Amido.....	16
3.4 Amidos Modificados.....	18
3.5 Utilização de Amidos Modificados Como Substitutos de Gordura.....	18
3.5.1 Amidos Tratados por Ácido.....	19
3.5.2 Amidos Pré – Gelatinizados.....	20
3.5.3 Maltodextrinas.....	21
4. UTILIZAÇÃO DA GOMA GUAR EM BOLOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO.....	22
4.1 Estruturas e Propriedades da Goma Guar.....	22
4.2 Utilização da Goma Guar Como Substituto de Gordura.....	23

---

5. UTILIZAÇÃO DE GOMA XANTANA EM BOLOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO.....	23
5.1 Estrutura e Propriedades da Goma Xantana.....	23
5.2 Utilização da Goma Xantana na Substituição de Gordura.....	26
6. INTERAÇÕES ENTRE AMIDOS E GOMAS.....	26
<b>III. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
1. MATERIAL.....	29
1.1 Matéria Prima.....	29
1.2 Equipamentos e Aparelhos.....	30
2. MÉTODOS.....	31
2.1 Processamento do Bolo.....	31
2.1.1 Formulação e Procedimento.....	31
2.1.2 Avaliação da Qualidade .....	32
2.1.2.1 Gravidade Específica.....	32
2.1.2.2 Volume Específico.....	32
2.1.2.3 Qualidade Subjetiva dos bolos.....	32
2.1.2.4 Perfil da Textura.....	33
2.1.2.5 Cor do Miolo.....	35
2.1.2.6 Análise Sensorial dos Bolos.....	35
2.1.2.7 Avaliação da Umidade do Bolo durante o Armazenamento.....	36
2.2 Ensaio I: Efeito da Adição de Misturas Combinadas de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado e Gomas Xantana e Guar nas Características dos Bolos.....	36
2.2.1 Determinação dos Níveis de Adição do Amido e das Gomas.....	36
2.2.2 Efeito da Adição da Mistura Amido – Goma Xantana nas Características dos Bolos.....	38

---

2.2.3 Efeito da Adição da Mistura Amido – Goma Guar nas Características dos Bolos.....	38
2.2.4 Efeito da Adição da Mistura Amido – Goma Xantana – Goma Guar nas Características dos Bolos.....	41
2.3 Ensaio II: Efeito da Mistura Amido – Goma Xantana nas Propriedades Reológicas da Massa.....	41
2.3.1 Propriedades da Mistura.....	41
2.3.2 Efeito da Mistura Amido – Goma Xantana nas Propriedades da Pasta.....	42
2.4 Ensaio III: Efeito da Mistura de Amido com Goma Xantana na Substituição Parcial da Gordura em Bolos.....	42
3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
3.1 Ensaio I: Avaliação do Efeito da Adição de Misturas Combinadas de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado e Gomas Guar e Xantana.....	43
3.2 Avaliação do Efeito da Mistura de Amido com Goma Xantana na Substituição Parcial de Gordura.....	46
<b>IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
1. DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE AMIDOS E GOMAS A SEREM UTILIZADOS.....	48
2. ENSAIO I: EFEITO DA ADIÇÃO DE MISTURAS COMBINADAS DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO E GOMAS XANTANA E GUAR NAS CARACTERÍSTICAS DOS BOLOS .....	56
2.1 Efeito da Adição da Mistura Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado + Goma Xantana nas Características de Bolos.....	56
2.2 Efeito da Adição da Mistura Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado – Goma Guar nas Características de bolos.....	64

---

2.3 Efeito da Adição da Mistura Amido de Milho Ceroso Pré - Gelatinizado – Goma Xantana – Goma Guar nas Características de bolos.....	71
2.4 Estudo Comparativo do Efeito das Misturas Amido de Milho Ceroso Pré -Gelatinizado – Goma Xantana, Amido Ceroso Pré Gelatinizado – Goma Guar e Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado – Goma Xantana – Goma Guar em Bolos.....	78
3. ENSAIO II: EFEITO DA MISTURA AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ – GELATINIZADO – GOMA XANTANA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA.....	80
3.1 Propriedades da Mistura.....	80
3.2 Propriedades de Pasta.....	83
4. ENSAIO III: EFEITO DA MISTURA DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ – GELATINIZADO E GOMA XANTANA NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA GORDURA EM BOLOS.....	87
4.1 Efeito da Mistura de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado Goma Xantana e Gordura no Volume Específico.....	93
4.2 Efeito da Mistura de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado Goma Xantana e Gordura na Gravidade Específica.....	99
4.3 Efeito da Mistura de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado Goma Xantana e Gordura na Dureza.....	101
4.4 Efeito da Mistura de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado Goma Xantana e Gordura na Fraturabilidade.....	110
4.5 Efeito da Mistura de Amido de Milho Ceroso Pré – Gelatinizado Goma Xantana e Gordura na Diferença de Cor.....	115
5. AVALIAÇÃO DOS BOLOS PRODUZIDOS NAS FAIXAS ÓTIMAS ESTABELECIDAS PARA AS VARIÁVEIS: AMIDO, GOMA XANTANA E GORDURA.....	116
5.1 Análise Sensorial.....	122
5.2 Variação da Umidade no Armazenamento .....	123

**V. CONCLUSÕES.....131**

**VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....133**

---

**ÍNDICE DE TABELAS**

	Página
1. Classificação dos hidrocolóides.....	10
2. Propriedades funcionais dos hidrocolóides.....	11
3. Atributos de qualidade do bolo.....	34
4. Delineamento experimental para avaliação do efeito das misturas do amido de milho ceroso pré – gelatinizado com a goma xantana ou goma guar nas características de qualidade do bolo.....	39
5. Delineamento experimental para estudo do efeito da mistura de amido de milho ceroso pré – gelatinizado com as gomas guar e xantana nas características de qualidade do bolo.....	40
6. Níveis codificados e axiais.....	44
Delineamento experimental completo para avaliar a substituição do Teor de gordura em bolo utilizando a mistura de amido de milho ceroso pré -gelatinizado e goma xantana.....	45
8. Efeito da adição de misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado e goma xantana nas características da massa e dos bolo.....	57
9. Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade.....	58
10. Perfil da textura de bolos com adição de misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado e goma xantana.....	59
11. Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré – gelatinizado, goma xantana e da interação amido – goma nos parâmetros: volume específico, gravidade específica, diferença de cor e qualidade dos bolos.....	61
12. Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré – gelatinizado, goma xantana e da interação amido – goma nos parâmetros dureza e fraturabilidade.....	62
13. Efeito da adição das misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado e goma guar nas características do bolo.....	65
14. Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade....	66

---

15. Perfil da textura para diferentes misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado e goma guar em bolos.....	67
16. Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré – gelatinizado, goma guar e da interação amido – goma nos parâmetros: volume específico, gravidade específica, diferença de cor e qualidade do bolo.....	68
17. Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré – gelatinizado, goma guar e da interação amido – goma nos parâmetros dureza e fraturabilidade.....	69
18. Efeito da adição das misturas amido de milho ceroso pré – gelatinizado – goma xantana – goma guar nas características dos bolos..	73
19. Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade...	74
20. Perfil da textura para diferentes misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado, goma xantana e goma guar em bolos.....	75
21. Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido , goma xantana e goma guar e da interação amido – xantana – guar nos parâmetros: volume específico, gravidade específica, diferença de cor e qualidade do bolo.....	76
22. Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré – gelatinizado, gomas xantana e goma guar e da interação amido – xantana - guar nos parâmetros dureza e fraturabilidade.....	77
23. Comparação dos dados dos experimentos 1, 2 e 3.....	79
24. Resultados da análise dos farinogramas.....	81
25. Dados de viscosidade obtidos com R.V.A.....	84
26. Efeito da adição de diferentes combinações de amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e gordura nas características do bolo..	88
27. Perfil da textura dos bolos contendo misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado, goma xantana e gordura.....	89
28. Notas de qualidade para os bolos com substituição de gordura.....	90
29. Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da	

---

qualidade.....	91
30. Faixas ótimas para as variáveis dependentes.....	92
31. Análise de variância da variável dependente volume .....	95
32. Análise de variância da variável dependente gravidade específica.....	100
33. Análise de variância da variável dependente dureza.....	106
34. Análise de variância da variável dependente fraturabilidade.....	111
35. Análise de variância da variável dependente diferença de cor.....	115
36. Faixa ótima de goma xantana, amido de milho ceroso pré – gelatinizado e gordura.....	116
37. Resultados do bolo elaborado com a concentração ótima de goma xantana, amido de milho ceroso pré – gelatinizado e gordura.....	118
38. Comparação do bolo experimental, bolo padrão e bolo elaborado com o substituto de gordura comercial.....	119
39. ANOVA para o sabor.....	124
40. ANOVA para a aparência.....	126
41. ANOVA para a textura .....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Organização molecular do grânulo de amido.....	15
2. Estrutura da goma guar.....	22
3. Estrutura da goma xantana.....	25
4. Volume específico x concentração de amido Instant Pure Flo F.....	50
5. Volume específico x concentração de amido N – Lite LP.....	50
6. Avaliação da qualidade x concentração de amido Instant Pure Flo F.....	51
7. Avaliação da qualidade x concentração de amido N Lite LP.....	51
8. Gravidade específica x concentração de amido N – Lite LP.....	52
9. Gravidade específica x concentração de amido Instant Pure Flo F.....	52
10. Volume específico x concentração de goma xantana.....	53
11. Volume específico x concentração de goma guar.....	53
12. Avaliação da qualidade x concentração de goma xantana.....	54
13. Avaliação da qualidade x concentração de goma guar.....	54
14. Gravidade específica x concentração de goma xantana.....	55
15. Gravidade específica x concentração de goma guar.....	55
16. Farinograma da mistura de farinha, 0,25% de xantana e 0,75% de amido.....	82
17. Farinograma da mistura de farinha e 0,25% de xantana.....	82
18. Farinograma da mistura de farinha e 0,75% de amido.....	82
19. Farinograma da mistura de farinha, 0,50% de xantana e 0,75% de amido.....	82
20. Farinograma da mistura de farinha, 0,50% de xantana.....	82
21. Farinograma da mistura de farinha, 0,25% de xantana e 1,00% de amido.....	82
22. Farinograma da mistura de farinha e 1,00% de amido.....	82
23. Farinograma da mistura de farinha, 0,50% de xantana e 1,00% de amido.....	82

---

39. Superfície de resposta relacionando gravidade específica com as variáveis xantana e amido.....	104
40. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando gravidade específica com as variáveis xantana e amido.....	104
41. Superfície de resposta relacionado dureza com as variáveis xantana e gordura.....	107
42. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionado dureza com as variáveis xantana e gordura.....	107
43. Superfície de resposta relacionado dureza com as variáveis gordura e amido.....	108
44. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionado dureza com as variáveis gordura e amido.....	108
45. Superfície de resposta relacionado dureza com as variáveis xantana e amido.....	109
46. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionado dureza com as variáveis xantana e amido.....	109
47. Superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis xantana e gordura.....	112
48. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis xantana e gordura.....	112
49. Superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis gordura e amido.....	113
50. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis gordura e amido.....	113
51. Superfície de resposta relacionado fraturabilidade com as variáveis xantana e amido.....	114
52. Linhas de contorno da superfície de resposta relacionado fraturabilidade com as variáveis xantana e amido.....	114
53. Bolo experimental, bolo padrão e bolo com substituto de gordura comercial.....	120

---

54. Aparência do miolo do bolo padrão.....	121
55. Aparência do miolo do bolo com a mistura amido – goma Xantana.....	121
56. Aparência do miolo do bolo com substituto de gordura comercial.....	121
57. Histograma do sabor.....	125
58. Histograma da aparência.....	127
59. Histograma da textura.....	129
60. Variação da umidade dos bolos durante o armazenamento.....	130

## RESUMO

Inicialmente foi estudado o comportamento das gomas xantana e guar e dos amidos comerciais Instant Pure Flo F (amido de milho ceroso pré gelatinizado) e N – Lite LP (amido de milho ceroso) em bolos. Foram avaliados o volume específico do bolo, a gravidade específica da massa e foi analisada a qualidade do bolo. Pelos resultados obtidos foi verificado que as gomas apresentaram um perfil semelhante e o amido Instant Pure Flo F teve um melhor desempenho que o N – Lite LP.

Na segunda etapa do trabalho foram estudadas as interações entre as gomas e o amido Instant Pure Flo F. Os limites inferiores e superiores de adição foram, respectivamente, 0,25% e 0,50% para as gomas e 0,75% e 1,00% para o amido. O estudo foi conduzido através de três planejamentos fatoriais, sendo o primeiro e o segundo um fatorial  $2^2$ , com o amido e goma xantana e o amido e goma guar como variáveis independentes, respectivamente. O terceiro planejamento foi utilizado um fatorial  $2^3$ , tendo como variáveis independentes o amido e as gomas guar e xantana.

Nos três experimentos, os parâmetros de respostas foram o volume específico do bolo, gravidade específica da massa, qualidade do bolo, diferença de cor, dureza e fraturabilidade. Com os resultados dos experimentos, os efeitos das interações amido – xantana, amido – guar e amido – xantana – guar nas características do bolo foram verificados através do programa Statística 5.0. Foi observado que a mistura amido – xantana foi a mais eficiente para melhorar as características do bolo.

---

A mistura amido – xantana foi, então, utilizada para substituir a gordura no bolo. Foi realizado um planejamento central rotacional composto com as variáveis independentes amido , xantana e gordura e variáveis dependentes volume específico do bolo, gravidade específica da massa, diferença de cor, dureza e fraturabilidade. As superfícies de resposta foram analisadas e com a intersecção das faixas ótimas, foi verificado que a mistura amido – xantana conseguiu substituir 33,33% da gordura, mantendo as características do bolo sem substituição de gordura..

Na parte final do trabalho foi realizada a análise sensorial do bolo produzido com xantana e amido ( comparado com o bolo sem substituição de gordura e com o bolo produzido com o substituto comercial de gordura) na qual os provadores avaliaram a aparência, a textura e o sabor. Esta análise mostrou que 86,67% dos provadores gostaram da aparência, 76,67% gostaram da textura e 60,00% gostaram do sabor. Foi também avaliada a variação da umidade durante o armazenamento dos bolos (os mesmos avaliados sensorialmente) e foi observado que os bolos com a mistura amido – xantana têm poder de retenção de água superior ao bolo produzido com substituto de gordura comercial.

## SUMMARY

Initially, the behaviour of the gums xanthan and guar and the commercial starches Instant Pure Flo F (pregelatinized waxy corn starch) corn starch and N – Lite LP (waxy corn starch) on cakes was studied. The specific volume of the cake (ml/g), the specific gravity of the dough (g/ml) and cake quality were analysed. The gums presented a similar profile and the starch Instant Pure Flo F had a better performance than N – Lite LP.

In the second stage of the project, the interactions between the gums and the starch Instant Pure Flo F was studied. The inferior and superior limits of addition were, respectively, 0,25% and 0,50% for the gums and 0,75% and 1,00% for the starch. The study was conducted through three experimental plans. The first and the second experiments were planned as a  $2^2$  factorial with the starch and xanthan gum and starch and guar gum as independent variables, respectively. The third planning was a  $2^3$  factorial, with starch, guar and xanthan gums as independent variables.

In the first experiment, the responses were specific volume of the cake (ml/g), specific gravity of the dough (g/ml), cake quality, color difference, hardness (g) and fracturability (g). It was observed that the mixture starch – xanthan gum produced cakes with the best quality.

The mixture starch – xanthan gum was, then, tested as substitute of the fat cake. A central rotational composed experimental planning was used in this study, with starch, xanthan gum and fat as independent variables and specific volume of the cake (ml/g), specific gravity of the dough (g/ml), color difference, hardness and fracturability as dependent variables. It was verified that the mixture starch – xanthan gum was able to substitute 33,33% of the fat, keeping the characteristics of the standard cake

Sensorial analysis showed that appearance, texture and flavour were approved by 86,67%, 76,67% and 60,00% of the tasters.

## I. INTRODUÇÃO

O aumento da participação da gordura na dieta diária de grande parte da população tem acarretado uma série de problemas de saúde, constituindo – se em preocupação dos governos, indústrias e consumidores.

Vários esforços têm sido feitos para se encontrar substitutos de gordura em alimentos que não acarretem problemas de saúde e também não alterem as propriedades tecnológicas dos alimentos ( BOATELLA, 1993).

Para a substituição da gordura em alimentos, vários compostos têm sido investigados. De maneira geral, os substitutos são divididos em três grupos: substitutos de natureza lipídica (emulsificantes), substitutos de natureza proteica e os substitutos de natureza glicídica (gomas e amidos modificados).

Na área de panificação, a substituição de gordura é um processo complexo, pois principalmente os biscoitos, bolos e tortas empregam altos teores de gordura, para obter produtos com maciez e sabor. Nos bolos, onde o teor de gordura atinge 10 – 12% da formulação total, a substituição parcial da gordura significa uma grande redução calórica.

Trabalhos conduzidos com amidos pré – gelatinizados (BOETTGER,1963) mostram que esses compostos têm capacidade de reter umidade e, em muitos casos, melhoram as propriedades da massa utilizada para a produção de bolos.

Segundo BELSHAW (1980) e WARING (1988), amidos modificados com características hidrofílicas e hidrofóbicas conferem aos bolos maior volume e melhor sabor. Por outro lado HIPPLEUSER et al (1995) verificaram que misturas de amido e goma xantana produziram “muffins” com melhor estrutura e com maior vida de prateleira.

MENGER e LUDWIG (1997) estudando a utilização de gomas guar e xantana em produtos de panificação concluíram que a goma guar tem capacidade de espessar a massa, enquanto a goma xantana atua como estabilizante e emulsificante em massas para panificação.

CHRISTIANSON et al (1981) verificaram que a interação entre amido e gomas guar e xantana ocorre através da formação de complexos.

Este trabalho teve como objetivo investigar o efeito da adição de misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado e gomas guar e xantana na qualidade dos bolos. Também foi investigado o efeito da adição de misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado e goma xantana na substituição parcial de gordura em bolos.

---

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA EM ALIMENTOS

A evolução do conhecimento relacionando certos compostos normalmente presentes em alimentos com doenças não transmissíveis, estabeleceu um novo referencial para consumidores e indústrias alimentícias. Entre estes compostos, os lipídeos, em particular, têm causado preocupação para consumidores, profissionais da área de saúde e governo (SCHAEFER, 1996).

O percentual de gordura presente na dieta, aumentou significativamente ao longo do tempo, causando problemas de obesidade, aumento de doenças cardiovasculares, entre outras, que levaram o governo dos E.U.A. a pressionar as indústrias alimentícias para desenvolver produtos com menor teor de gordura (FOOD TECHNOLOGY, 1996).

No mesmo artigo também foi observado que a melhor estratégia em termos de dietas com teores reduzidos de gordura, consiste no consumo de alimentos produzidos com substitutos destas ou alimentos que apresentem menor percentual de gordura. Segundo o autor, as estratégias para alterar os hábitos alimentares, pelo aumento no consumo de frutas e verduras, em substituição aos alimentos gordurosos, são muito difíceis de serem mantidas. Assim, os substitutos de gordura desempenham um importante papel nas dietas, pois preservam algumas propriedades, que o consumidor está acostumado, como textura e sabor, não sendo, portanto, necessário alterar seus hábitos alimentares.

Na área de panificação, os produtos elaborados com baixos teor de gordura e nível calórico representam, nos E.U.A., uma venda anual de US\$ 720 milhões. Cerca de 88% dos novos produtos com baixos níveis de

gordura lançados no mercado americano em 1994 estavam relacionados com a área de panificação. Como consequência dessa importância, 544 novos ingredientes para panificação foram introduzidos no mercado em 1995 (F.R.I. ENTERPRISE, 1995). Entre os produtos de panificação, há maior interesse na substituição de gordura nos bolos, biscoitos e "muffins", pois empregam maior porcentagem de gordura (SHUKLA, 1995).

Segundo WARD (1997), o grande desafio é o desenvolvimento de formulações de alimentos com redução do percentual de gordura e com qualidade aceitável pelo consumidor, pois, embora, os substitutos desenvolvidos tenham características próximas às da gordura, os produtos fabricados com eles ainda apresentam qualidade inferior em relação aos com maior porcentagem de gordura.

SHUKLA (1995), discutiu os problemas da fabricação de produtos de panificação com redução e eliminação de gordura e açúcar. Segundo o autor, os principais problemas encontrados em produtos de panificação com teores de gordura e açúcar reduzidos são: pouca aeração, estrutura celular frágil, perda de umidade, pobre transferência de calor e redução da vida de prateleira. A substituição das propriedades funcionais da gordura e do açúcar é muito complicado e requer misturas de componentes para compensar as propriedades perdidas.

Em bolos, a presença de gordura, além de provocar maior aeração, também melhora a mastigabilidade. Quando a gordura é misturada com a farinha, ocorre sua dispersão de forma irregular, interrompendo a continuidade da cadeia de glúten que se forma quando as proteínas começam a ser hidratadas, criando assim áreas frágeis na estrutura. O resultado é que os bolos tornam-se mais fáceis de mastigar e geralmente, quanto mais gordura há no produto, mais "esfarelento" ele fica (CAUVAIN, 1987).

Ainda, segundo CAUVAIN (1987), a aeração proporcionada pela gordura é de vital importância no processo de fabricação de bolos. A estrutura da massa é formada durante o estágio de batimento, quando minúsculas bolhas de ar são incorporadas na massa. Estas bolhas se expandem quando a temperatura aumenta e quando a massa endurece, elas explodem e formam a estrutura porosa tradicional. Assim, se não houver algum agente estabilizador, essas bolhas de ar se rompem e migram para a superfície da massa. Essa função de estabilização é exercida pela gordura. A fração cristalina da gordura é a principal responsável pela estabilização das bolhas na massa de bolo. Alguns trabalhos recentes têm confirmado a importância da parte cristalina da gordura na incorporação de ar, sendo que alguns têm demonstrado que, tanto a incorporação de ar, quanto o volume do bolo, dependem da proporção de sólidos cristalinos presentes na gordura.

Segundo GLICKSMAN (1991), existem três grupos de compostos capazes de reproduzir algumas propriedades das gorduras: hidrocolóides, compostos de origem lipídica e compostos de origem protéica. Dentro do grupo de hidrocolóides os principais compostos usados em substituição de gordura são os amidos modificados e as gomas.

Para a utilização em bolos, os amidos pré - gelatinizados têm sido recomendados há vários anos, pois são capazes de reter umidade e, em muitos casos, melhoram as propriedades da massa (BOETTGER, 1963).

Segundo BELSHAW (1980), o amido ceroso modificado, com características hidrofílicas e hidrofóbicas, permite a utilização de mais água e não provoca redução no volume do bolo. Testes mostraram que bolos produzidos com este tipo de amido apresentaram - se mais úmidos e com melhor sabor.

HIPPLEHEUSER et al. (1995), prepararam e compararam diversas formulações de muffins, com objetivo de desenvolver uma formulação contendo 3% de gordura total e com uma percepção sensorial comparável com os "muffins" existentes no mercado, cuja porcentagem de gordura situa-se em torno de 15%. Foram utilizadas, para seus estudos, formulações com diferentes proporções de gordura, hidroxipropil amido pré-gelatinizado e goma xantana. O amido foi utilizado para melhorar a textura, aumentar a vida de prateleira, reter umidade e produzir células de ar uniformes. A goma xantana foi utilizada pela sua capacidade de retenção de água e pelo seu sinergismo com o amido. Os autores concluíram que a combinação de amido modificado e goma xantana melhorou a estrutura e aumentou a vida de prateleira dos produtos analisados. Este aumento não foi verificado usando amido ou xantana, isoladamente.

Em seu estudo sobre substituto de gordura, realizado em 1988, WARING (1988) analisou os efeitos de amido de milho ceroso em partículas finas e médias e concluiu que, o primeiro tipo de amido contribuiu para um aumento maior de volume e para obtenção de uma estrutura celular mais uniforme, devido às suas pequenas partículas, que, geralmente, se hidratam mais facilmente, melhorando a qualidade dos bolos.

WARING (1988), também verificou que bolos produzidos com goma guar e goma xantana apresentaram volumes superiores ao bolo padrão, enquanto bolos feitos com goma locusta apresentaram volumes semelhantes ao padrão. Os bolos feitos com xantana ficaram um pouco mais escuros que o bolo padrão; enquanto que os com goma locusta ficaram muito escuros e os com goma guar apresentaram a mesma coloração que o bolo padrão. A estrutura celular foi considerada boa para todos os bolos, embora os feitos com xantana tivessem a estrutura um

pouco mais frágil que a estrutura do bolo padrão. A goma guar, embora muito utilizada em bolos, tem o seu uso limitado devido ao seu sabor.

Com base nesses estudos, WARING (1988), recomenda um nível de 6 a 8% para uso dos substitutos de gordura em bolos com nível de gordura em torno de 10 a 12%, porém com esta porcentagem de substituto de gordura a formulação do bolo deve ser adaptada (ou seja, o substituto é utilizado em menor proporção que a gordura, devendo a diferença ser compensada com o ajuste dos demais ingredientes). A comparação entre um bolo comum e um bolo formulado com substituto de gordura mostrou que ambos apresentaram volumes bem próximos e que o bolo com substituto de gordura apresentou uma significativa redução calórica (aproximadamente 33%). A seguinte formulação para bolos com baixo teor de gordura foi desenvolvida pela autora:

ingredientes	% presente
farinha	40.00
açúcar	45.00
fermento	3.40
substituto de gordura	7.60
ovos	0.40
Dextrose	2.50
Aroma	0.45
Sal	0,65

BATH et. al. (1992), realizaram um estudo sobre substitutos de gordura em bolos (bolo tipo layer – camadas de massa, alternadas com recheio). O estudo comparou propriedades de bolos tradicionais com bolos produzidos a partir de mistura para bolo com menor porcentagem de gordura e avaliou os efeitos de três substitutos de gordura comerciais, produzidos com amido. Os bolos feitos com a mistura para bolo com menor porcentagem de gordura apresentaram uma massa bastante lisa e

expandiram mais que os bolos com maior teor de gordura. As características internas: células do miolo e granulação foram similares em todos os bolos. Os bolos produzidos com completa substituição de gordura pelos substitutos à base de amido foram considerados satisfatórios, com base no volume e em uma avaliação subjetiva das características internas. Apesar de considerados satisfatórios, os bolos feitos com os substitutos de gordura apresentaram volume inferior aos bolos tradicionais.

A conhecida característica da goma xantana de aumentar o volume de bolos, através do aumento da viscosidade, não é verificada com outras gomas, como a carboximetilcelulose, embora esta contribua para o aumento da viscosidade da massa, o que pode indicar que este aumento de volume seja resultado de outros fatores (SPIES, 1981). Um dos fatores pode ser a interação entre goma - amido, sugerido por CHRISTIANSON et al. (1981), que verificaram a existência de complexos entre amido e goma xantana e amido e goma guar.

MENGER e LUDWIG (1977), estudaram a utilização de hidrocolóides em produtos de panificação e concluíram que a goma guar pode ser utilizada, principalmente como espessante, e que a goma xantana tem a capacidade de estabilizar, emulsionar e é estável em larga faixa de temperatura e pH.

Os trabalhos envolvendo misturas de amido ceroso com goma guar e ou goma xantana, como substitutos de gorduras sugerem que existe uma complementaridade na ação desses compostos, que levam à melhoria da qualidade de bolos.

## 2. UTILIZAÇÃO DOS HIDROCOLÓIDES COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA

Por definição, hidrocolóides são polímeros de cadeia longa, as quais são solúveis ou incham - se em sistemas aquosos, causando um aumento de viscosidade em todas as aplicações, sendo que em algumas formam géis. GLICKSMAN (1991), classificou os hidrocolóides de acordo com sua origem (Tabela 1) e relacionou suas propriedades funcionais (Tabela 2).

Além dessas propriedades, estudos conduzidos com hidrocolóides mostraram que esses compostos têm importante papel na saúde humana (GLICKSMAN, 1991). Muitos trabalhos experimentais têm mostrado que hidrocolóides, fisiologicamente funcionam como fibra solúvel, sendo bastante eficazes na redução do nível de colesterol sanguíneo.

Entre as propriedades mencionadas, a capacidade dos hidrocolóides de substituir gordura tem ganhado importância nos últimos anos (GLICKSMAN, 1991).

Segundo CHINNASWAMY e HANNA (1993), as propriedades dos hidrocolóides determinam o seu uso em alimentos, porém a seleção de um hidrocolóide para uma aplicação específica envolve mais que uma avaliação das propriedades funcionais, visto que muitos fatores devem ser considerados para uma seleção correta. Entre esses fatores, destacam - se: o tipo de produto em que o hidrocolóide será aplicado (misturas secas, líquidos concentrados, alimentos desidratados, alimentos congelados, alimentos líquidos ou pastosos); a aparência do produto final (porosidade, maciez, brilho, cor e corpo); o custo; a textura; o odor; as propriedades emulsificantes; estabilidade em ácidos; formação de filmes; sinergismo e

Tabela 1 - Classificação dos hidrocolóides

<b>exudadas</b>	<b>extratos</b>	<b>farinhas</b>	<b>fermen- tação</b>	<b>semi sintética</b>	<b>sintéticos</b>
<b>plantas</b>	<b>algas</b>	<b>sementes</b>	xantana	<b>derivados</b>	polivinil-
	<b>marinhas</b>	locusta	gelliana	<b>de</b>	pírolidina
arábica	agar	guar	pullulana	<b>celulose</b>	(PVP)
ghatti	alginatos	tara	dextrana		polímeros de
karaya	carragenas	tamarindo	sclero- glucana	carboximetil celulose	óxido de
tragacante	furcellarana			metil- celulose	polietileno (polyox®¹)
	<b>plantas</b>	<b>amidos</b>		hidroxi- propilmetil- celulose	álcool
	pectina	<b>de</b>		hidroxipropil celulose	polivinil (PVA)
	hemi- celuloses	<b>cereais</b>		hidroxipropil celulose	polímeros de polietileno
	<b>cereal</b>	milho		hidroxietil- celulose	glicol
	β-glucanas	trigo			(carbo- wax®¹)
	pentosanas	arroz		<b>derivados</b>	
		amido		<b>de</b>	
	<b>levedura</b>	ceroso		<b>amido</b>	
	β-glucanas	<b>raízes e</b>			
		<b>tubér- culos</b>		hidroxipro- pil amido	
	<b>animal</b>	amido de		amido	
	gelatina	mandioca		fosfatado	
		amido de		amido	
		batata		succinato	
				amido	
				amido aceti- lado	
				<b>propileno</b>	
				<b>glicol</b>	
				<b>alginato</b>	
				<b>pectina de</b>	
				<b>baixa</b>	
				<b>metoxi- lação</b>	
				<b>hidroxi- propil</b>	
				<b>guar</b>	

Fonte: Glicksman, M. (1991)

Tabela 2 - Propriedades funcionais dos hidrocolóides

função	exemplo
adesivo	glaces para cobrir bolos
agente ligante	comidas para animais
inibidor de cristalização	sorvetes, xaropes, alimentos congelados
agente de clarificação	cervejas, vinhos
agente turvador	bebidas e sucos de frutas
agente de revestimento(cobertura)	confeitaria
emulsificante	molhos para saladas
agente encapsulante	aromas
substituto de gordura	sorvetes e produtos de panificação
formador de filme	filme de cobertura para salsichas
agente floculante	vinho
estabilizador de espuma	cremes e bebidas
agente gelificante	pudins, sobremesas e confeitaria
moldador	balas, doces de goma
protetor de colóides	emulsões de aroma
estabilizante	molhos de saladas e sorvetes
agente de suspensão	achocolatados
inibidor de sinérese	queijo e alimentos congelados
agente espessante	cobertura de tortas , mix de bebidas
agente aerador	"marshmallows"

fonte: Glicksman, M. (1991).

efeitos antagônicos com outros hidrocolóides; compatibilidade com os outros componentes do sistema; estabilidade à temperatura, à umidade e a embalagem; suscetibilidade ao ataque de bactérias; compatibilidade com preservantes aprovados e considerações legais.

A substituição de gordura em bolos é bastante complexa, pois os sólidos da gordura são os principais responsáveis pela estrutura do produto e pelas características sensoriais. Hidrocolóides, como amidos e gomas, contribuem para a produção de bolos com volume elevado e estrutura celular uniforme, funções estas atribuídas à gordura. Hidrocolóides também retêm umidade, aumentando a vida de prateleira (GLICKSMAN 1991).

Os amidos modificados, em especial os amidos pré gelatinizados, são tecnologicamente de grande importância no processamento de bolos com teor de gordura reduzido, pois conseguem reter umidade, aumentam a viscosidade da massa, contribuindo assim para a retenção de células de ar e, em muitos casos, melhoram as propriedades da massa (WARING, 1988).

As gomas xantana e guar aumentam o volume e a viscosidade da massa de bolos e são facilmente hidratadas durante o batimento do bolo (WARING, 1988).

### **3. UTILIZAÇÃO DE AMIDOS EM BOLOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO**

#### **3.1 ESTRUTURA E PROPRIEDADES DO AMIDO**

Os amidos são polímeros de glicose e normalmente contém amilose e amilopectina como componentes principais.

A amilose é um polímero essencialmente linear formado por unidades de glicopirranose ligadas entre si através de ligações  $\alpha$ -1,4, enquanto a amilopectina é um polímero altamente ramificado constituído por pequenas cadeias de amilose ligadas entre si através de ligações  $\alpha$ -(1-6) (SHARMA, 1981).

O teor de amilose nos grânulos de amido, varia de acordo com a origem botânica, mas geralmente encontra - se nos intervalos de 20 -30% em amidos normais de cereais. Algumas variedades de milho, cevada e arroz, referidas pelo termo ceroso são totalmente constituídas por amilopectina, enquanto outros amidos possuem teores de amilose acima de 50% e são denominados "high-amilose" (LINEBACK, 1984).

Os grânulos de amido são birrefringentes e, quando observados sob luz polarizada, apresentam a típica cruz de malta. Os grânulos apresentam níveis de cristalinidade diferentes na faixa de 15 a 45% (ZOBEL, 1984).

Os diferentes graus de ordenamento estrutural do grânulo são responsáveis pelas propriedades de birrefringência e cristalinidade. De acordo com ZOBEL (1984), a birrefringência implica unicamente na existência de um alto grau de orientação molecular no grânulo de amido, sem que isso represente alguma forma de cristalinidade.

Os grânulos de amido estão organizados em regiões amorfas e em regiões de maior ou menor cristalinidade. Muitas tentativas têm sido feitas para explicar a cristalinidade do amido. Segundo LINEBACK (1984), a amilopectina é aparentemente responsável pela cristalinidade do amido, não existindo evidências que a amilose participe das regiões cristalinas. Os autores mostram como suporte dessa teoria, o fato dos amidos cerosos

apresentarem difractogramas de raio-x similares aos do amido normal, enquanto que os amidos de milho com alto teor de amilose, exibem baixa cristalinidade.

Moléculas de amilopectina e, possivelmente, de amilose são radialmente arranjadas em direção à superfície do grânulo. Para muitos amidos, a cristalinidade é atribuída ao baixo grau de polimerização (DP) das cadeias de amilopectina. A fase amorfa do amido granular é também heterogênea, formada por amilose amorfa e regiões inter cristalinas de ramificações densas na amilopectina. À respeito dos lipídeos, medidas calorimétricas no amido granular, mostram claramente, que cadeias ordenadas, presumivelmente, devido à complexação com lipídeos, ocorrem em larga extensão durante a gelatinização, enquanto há somente uma evidência circunstancial que algumas formas de complexo entre monoacil lipídeos e amido existe "in situ". A Figura 1 ilustra a organização molecular do grânulo de amido, segundo BILIADERIS (1992).

### 3.2 GELATINIZAÇÃO DO AMIDO

BLANSHARD e MARCHANT (1978), definiram a gelatinização do amido como um importante fenômeno, que acontece em várias operações de processamento de alimento, como por exemplo: cozimento de pães, extrusão de cereais e espessamento de molhos.

Os amidos nativos são insolúveis em água à temperaturas menores que a de gelatinização. Eles incham ligeiramente em água fria (10-20%) devido à difusão ou absorção de água nas regiões amorfas, sendo o inchamento reversível na secagem (BILIADERIS, 1991).

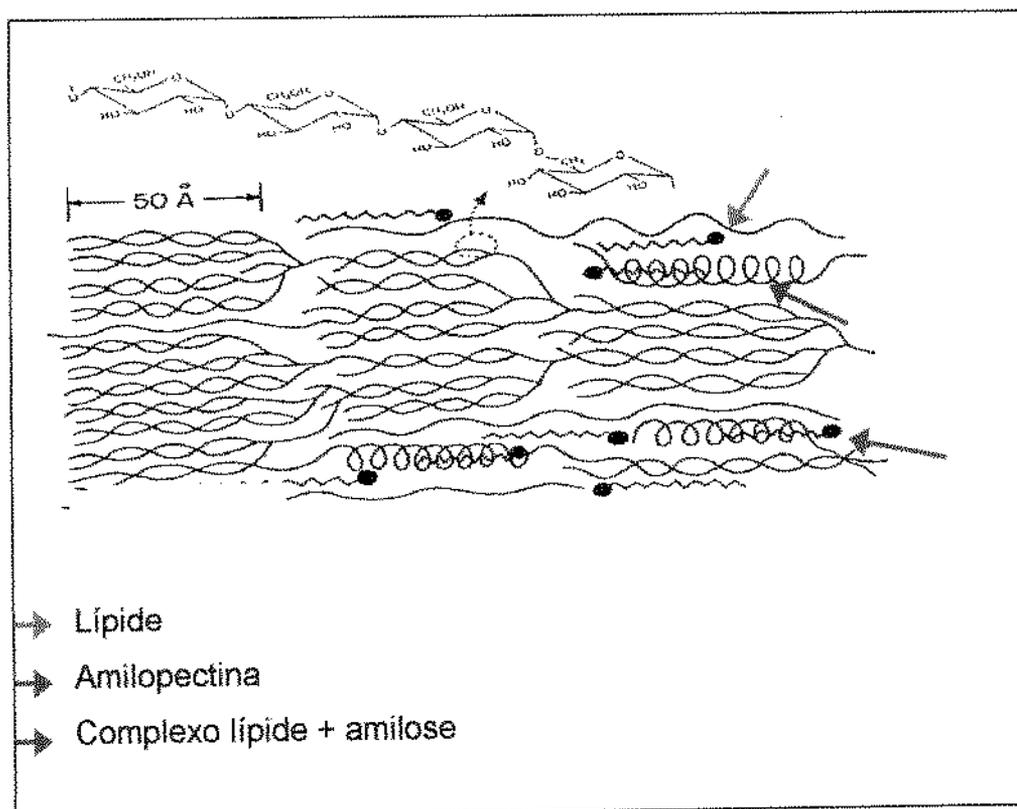


Figura 1 - Organização molecular do grânulo de amido

Quando uma dispersão aquosa de amido é aquecida, progressivamente atinge-se a temperatura inicial de gelatinização na qual acontece a fusão das regiões cristalinas do grânulo. Essa transformação é acompanhada pelo simultâneo processo de hidratação e inchamento do grânulo, no fenômeno conhecido como gelatinização. (FRENCH, 1984). Nessa condição acontecem mudanças irreversíveis na estrutura do grânulo, evidenciadas pela perda da birrefringência (BILIADERIS, 1991).

Individualmente, o grânulo de amido gelatiniza em um estreito intervalo de temperatura ( $0.5 - 1.5^\circ\text{C}$ ), enquanto uma população de diferentes tamanhos grânulos gelatiniza-se em um intervalo de aproximadamente  $10^\circ\text{C}$ . Além da perda da estrutura cristalina, a

gelatinização se caracteriza pela grande absorção de água, resultando na expansão do grânulo e na conseqüente lixiviação das moléculas de amilose para a solução (HONESEY, 1986).

Durante o processo de gelatinização, parte dos grânulos continua a inchar e outros se rompem. Até uma determinada temperatura, o inchamento prepondera, causando aumento na viscosidade da dispersão. Com o rompimento da estrutura granular a viscosidade decresce. Assim, durante o aquecimento ocorre progressivo aumento da viscosidade, indicando preponderância do inchamento sobre o rompimento da estrutura granular. No ponto de viscosidade máxima, o efeito do inchamento é contrabalançado pela quebra da estrutura granular. Após este ponto, a viscosidade começa a decrescer, em decorrência da preponderância do rompimento da estrutura granular, que torna-se mais frágil com o inchamento (CIACCO e CRUZ, 1982).

Ainda segundo os mesmos autores, a gelatinização do amido torna o grânulo mais susceptível à hidrólise enzimática e à ação mecânica. Após a gelatinização, com o resfriamento, inicia-se o processo de formação de estruturas mais organizadas, fenomeno conhecido como retrogradação.

### 3.3 RETROGRADAÇÃO DO AMIDO

Após a gelatinização, os polímeros que constituem o grânulo de amido, têm tendência se associarem através de pontes de hidrogênio, formando zonas mais organizadas. Essa reassociação de amilose, amilopectina e grânulos inchados, forma uma rede tridimensional, constituída por zonas mais organizadas, muitas vezes cristalinas e outras amorfas. Essa reassociação das moléculas de amido é conhecida como retrogradação e sua intensidade leva à formação de géis, tendo influência

---

na textura, solubilidade, susceptibilidade à enzimas, entre outros (BILIADERIS, 1992).

A estrutura molecular envolvida no gel formado de amilose e amilopectina tem sido objeto de vários estudos. De acordo com BILIAEDRIS (1992), a retrogradação do amido ocorre através de dois processos cineticamente distintos:

1 - rápida gelatinização da amilose através da formação de segmentos de cadeia de dupla hélice que são formados por agregação hélice-hélice.

2 - lenta recristalização das pequenas cadeias de amilopectina.

Enquanto para os géis de amilose a rigidez da rede se desenvolve rapidamente e depende muito pouco da temperatura de armazenamento, a gelatinização da amilopectina é um processo muito lento e bem mais sensível à temperatura e requer altas concentrações de polímeros. (BILIADERIS e ZAWISTOWSKI, 1990).

O "endurecimento" do miolo de pães e bolos que acompanha o processo de envelhecimento, é atribuído à retrogradação. Segundo SCHOCH (1965), durante a parcial gelatinização do grânulo de amido, uma porção da amilose se dissolve e difunde para o meio aquoso. Nas primeiras horas, quando os pães ou bolos são resfriados, ocorre a retrogradação da amilose, formando um gel elástico e relativamente firme, no qual são embebidos os grânulos de amido inchados. Subseqüentemente, após algum tempo, o processo de retrogradação da amilopectina ocorre. Essa diferença nas tendências da retrogradação da amilopectina e amilose, mostra que o endurecimento do pão durante o envelhecimento, é causado, principalmente, pela retrogradação da amilopectina.

---

A formação de estruturas mais organizadas devido à retrogradação ocasiona a exudação da água que envolvia essas moléculas, em um fenômeno denominado sinérese. Com a retrogradação o gel torna-se mais firme, mais resistente à ação enzimática e menos solúvel.

### 3.4 AMIDOS MODIFICADOS

As modificações efetuadas no grânulo de amido têm como objetivo, moldar o amido para determinadas finalidades e aplicações industriais. Muitas vezes, para se alcançar o sucesso desejado, é necessário introduzir mais que um tipo de modificação no amido. As modificações efetuadas nos grânulos de amido visam, fundamentalmente, reduzir a retrogradação, modificar as características de cozimento e melhorar a textura das pastas ou géis.

As modificações no amido são divididas em modificações químicas (ligação cruzada, dextrinização, oxidação e hidrólise); modificações físicas (gelatinização e obtenção de amidos solúveis em água fria ) e modificações genéticas (amidos ceroso e amido com alta porcentagem de amilose) (BEMILLER e LAFAYETTE, 1997).

### 3.5 UTILIZAÇÃO DE AMIDOS MODIFICADOS COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA

Entre as aplicações industriais que requerem a modificação de amido, estão os alimentos com baixo teor de gordura. Estudos recentes conduzidos por HARRIS e DAY (1993), sobre a relação entre a estrutura de um dos derivados do amido e sua ação como substituinte parcial de gorduras, mostraram que as propriedades físicas desenvolvidas durante a agitação em água são responsáveis pelas características semelhantes às

da gordura. Para substituição da gordura tem - se utilizado amidos tratados por ácidos, amidos pré gelatinizados e maltodextrinas.

### **3.5.1 Amidos Tratados por Ácido**

São obtidos através do tratamento do amido granular com uma solução ácida , à temperatura ligeiramente inferior à da gelatinização. O produto obtido possui a aparência do amido natural, porém fragmenta - se mais, incha menos durante a gelatinização e possui maior temperatura de pasta. A viscosidade final e a rigidez também são diminuídas (CIACCO e CRUZ, 1982).

Atualmente existem derivados do amido utilizados como substitutos de gordura. Um destes amidos é denominado Stellar <sup>TM</sup> e é produzido pela A.E. Staley Manufacturing Co.

De acordo com HARRIS e DAY (1993), a hidrólise ácida do amido granular produz micro cristais insolúveis em água, que quando hidratados e agitados dispersam - se, expondo uma grande área superficial. A água, que é integralmente misturada com os cristais hidrofílicos, é imobilizada ao redor ou entre os cristais. A estrutura assim formada pelos cristais e moléculas de água ao redor e entre os cristais conferem ao sistema propriedades exclusivas, como por exemplo, tal como uma gordura, as partículas do gel têm textura curta e pseudoplástica. Quando uma força é aplicada, os agregados de cristais hidratados se deformam facilmente e como os cristais apresentam aproximadamente o mesmo tamanho das partículas da gordura, conferem ao produto maciez similar àquela produzida pela gordura.

Esse derivado de amido é usado como substituto da gordura em molhos para salada, margarinas, queijos, carnes e coberturas de bolo. Para

produtos de panificação é utilizado para prevenir as mudanças que ocorrem no armazenamento. (PREPARED FOODS, 1991).

### 3.5.2 Amidos Pré - Gelatinizados

Há muitos anos os amidos pré - gelatinizados têm sido recomendados para uso em bolos. Como têm a propriedade de espessar assim que entram em contato com a água, são utilizados como agentes retentores de água. Também, aumentam a viscosidade da massa, ajudando na retenção de células de ar e em muitos casos melhoram as propriedades da massa (BOETTGER, 1963).

O tipo de amido a ser utilizado como componente do substituto de gordura, é um ponto bastante crítico. Amidos que requerem cozimento são menos eficientes porque há insuficiente calor e umidade para "inchar" completamente o grânulo de amido. Amidos solúveis a frio e amidos pré - gelatinizados são os mais indicados para bolos. O tamanho das partículas também é outro fator importante, sendo que um amido com finas partículas se hidrata mais facilmente e proporciona mais benefícios para os bolos (WARING, 1988).

Existem vários amidos pré - gelatinizados usados como substitutos de gordura. Entre estes pode - se citar: Amido Instant Pure Flo F da National Starch and Chemical, que é um amido ceroso pré - gelatinizado não modificado e é um dos componentes do N-Flate (produto para substituir gordura em bolos produzido com o amido, goma guar , leite em pó e emulsificante) e Amerimaize 2210, produzido pela Am. Maize Products, Co., que também é um amido ceroso pré - gelatinizado não modificado. Esses amidos proporcionam bolos com células mais uniformes, maior umidade e com prolongada vida de prateleira.

### 3.5.3 Maltodextrinas

As maltodextrinas são obtidas através da hidrólise do amido e são definidas pela extensão da hidrólise, que é reportada como dextrose equivalente (D.E.). A FDA caracteriza maltodextrinas como produtos com dextrose equivalente menor que 20. Quanto maior o valor de D.E. maior a extensão da hidrólise (NONAKA, 1997).

Segundo o mesmo autor, em produtos com baixo teor de gordura, as maltodextrinas proporcionam vários benefícios funcionais, incluindo retenção de água, baixa tendência ao escurecimento e viscosidade. Para o consumidor essas características funcionais, quando combinadas com outros ingredientes, resultam em produtos com boa textura e bom sabor.

Ainda, segundo NONAKA (1997), maltodextrinas são utilizadas como substitutos de gordura de duas maneiras:

- 1-) na forma seca, as maltodextrinas substituem a gordura e adicionam sólidos quando a gordura é retirada da formulação, como no caso de pasta de amendoim, pasta de queijo e misturas secas
- 2-) na forma de gel, formado a partir de uma solução com 25% de maltodextrina. Usualmente a maltodextrina é aquecida para ser completamente solubilizada, a seguir a solução é resfriada, desenvolvendo a textura da gordura hidrogenada. Este gel é aplicado em produtos de panificação, extrusados e molhos para salada.

Comercialmente pode-se destacar os seguintes produtos: Maltrin®, produzido pela American Maize Products Co. (GLICKSMAN, 1991), Paselli

SA2, produzida pela Avebe America Inc. (FOOD TECHNOLOGY, 1990), e Rice \* Trin 3 , produzida pela Zumbro, Inc. (PSZCZOLA, 1991).

#### 4. UTILIZAÇÃO DA GOMA GUAR EM BOLOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

##### 4.1 ESTRUTURAS E PROPRIEDADES DA GOMA GUAR

A goma guar é obtida do endosperma da planta guar, *Cyamopsis tetragonolobus*, que é uma planta nativa de climas áridos da Índia e Paquistão. Esta planta tem sido cultivada nos estados do Texas e Arkansas, nos EUA ( Sprender, 1990).

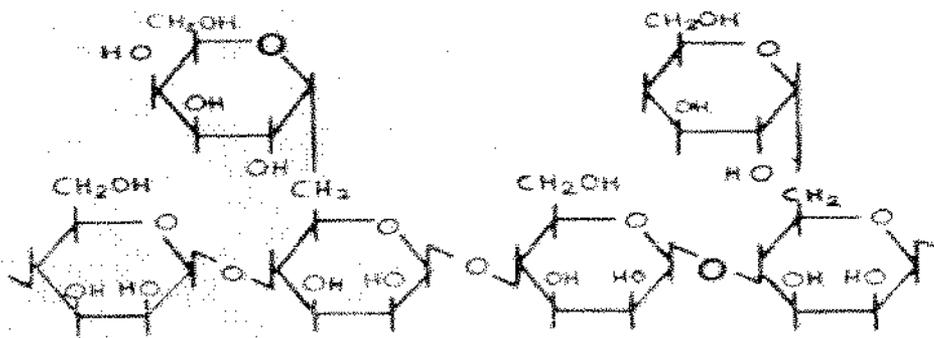


Figura 2 - Estrutura da goma guar

A goma guar é formada por cadeias lineares de unidades de D-manopiranosil ligadas entre si através de ligações  $\beta$  1-4 e unidades de D-galactopiranosil, ligadas entre si por ligações  $\alpha$  (1-6). (GOLDSTEIN et al.,1973). A relação de D-galactose para D-manose é de cerca de 1:2. A Figura 2 ilustra a estrutura básica da goma guar.

A goma guar forma dispersões coloidais quando hidratada em água fria. Devido a natureza não iônica da goma guar, sua compatibilidade com

sais abrange uma larga faixa de concentração de eletrólitos. Entretanto, altas concentrações (acima de 5%) de sais multivalentes afetam a hidratação e produzem gel. A natureza não iônica da molécula de goma guar também torna - a estável na faixa de pH entre 1,0 a 10,5, sendo que a taxa ótima de hidratação da goma guar ocorre em uma faixa de pH entre 7.5 e 9.0 (GOLDSTEIN et al., 1973).

#### 4.2 UTILIZAÇÃO DA GOMA GUAR COMO SUBSTITUINTE DE GORDURA

A goma guar é bastante utilizada em bolos para o aumento da viscosidade, aumento de volume e para obtenção de boa estrutura celular. Juntamente com amido modificado e emulsificantes, a goma guar é utilizada para substituição de gordura em bolos, sendo que o único fator limitante para seu uso é o sabor residual que confere aos produtos (WARING, 1988).

A goma guar pode ser utilizada para aumentar a viscosidade em sistemas para substituição de gordura. Segundo WARD (1997), um substituto de gordura para bolos é composto de amido modificado, goma guar e leite em pó.

### 5. UTILIZAÇÃO DE GOMA XANTANA EM BOLOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

#### 5.1 ESTRUTURA E PROPRIEDADES DA GOMA XANTANA

A goma xantana é um polímero de alto peso molecular produzido pela fermentação de *Xanthomonas campestris*, usando glicose como substrato (ROCKS, 1971).

JANSSON P.E et al. (1975), realizaram um estudo sobre a estrutura da xantana. Segundo os autores a molécula da goma xantana tem uma base formada por unidades de D-glicose ligadas entre si através de ligações  $\beta$ - 1,4 e cadeias laterais compostas por duas unidades de D-manose e uma unidade de ácido D-glucurônico. Aproximadamente metade das unidades de D- manose terminais das cadeias laterais estão ligadas à moléculas de ácido pirúvico nas posições 4 e 6, enquanto que as unidades de D-manose que não se encontram nas posições terminais das cadeias laterais, apresentam um substituinte acetil na posição 6. Devido à essa estrutura, as soluções aquosas de goma xantana são estáveis em uma faixa bastante larga de temperatura. (Morris, 1977; Morris et al, 1977). Essa estrutura ordenada da xantana, que pode ser visualizada na figura 3 é responsável pelas seguintes propriedades em solução:

- aumento de viscosidade na presença de sais, os quais estabilizam a conformação em bastão.
- alta pseudoplasticidade.
- viscosidade elevada em repouso e baixa em cisalhamento, como resultado de interações moleculares fracas em concentrações baixas.
- viscosidade estável em altas temperaturas e em ampla faixa de pH.
- efeito sinérgico com as gomas guar e locusta, provocando aumento na viscosidade.

A xantana foi aprovada como aditivo em alimentos nos USA em 1969 (FDA) pela FAO/WHO em 1974 e pelo Scientific Committee of Food em 1980.

Estas propriedades são largamente utilizadas em alimentos. A goma xantana dispersa-se rapidamente em água fria ou quente, obtendo - se assim alta viscosidade (IGOE, 1982).

Em alimentos espessados com amido, o sabor é melhorado quando a goma xantana substitui parte desse amido. As combinações amido-goma xantana estão sendo estudadas como uma tentativa para modificar a funcionalidade do amido sem necessitar de uma modificação química (SANDERSON, 1982).

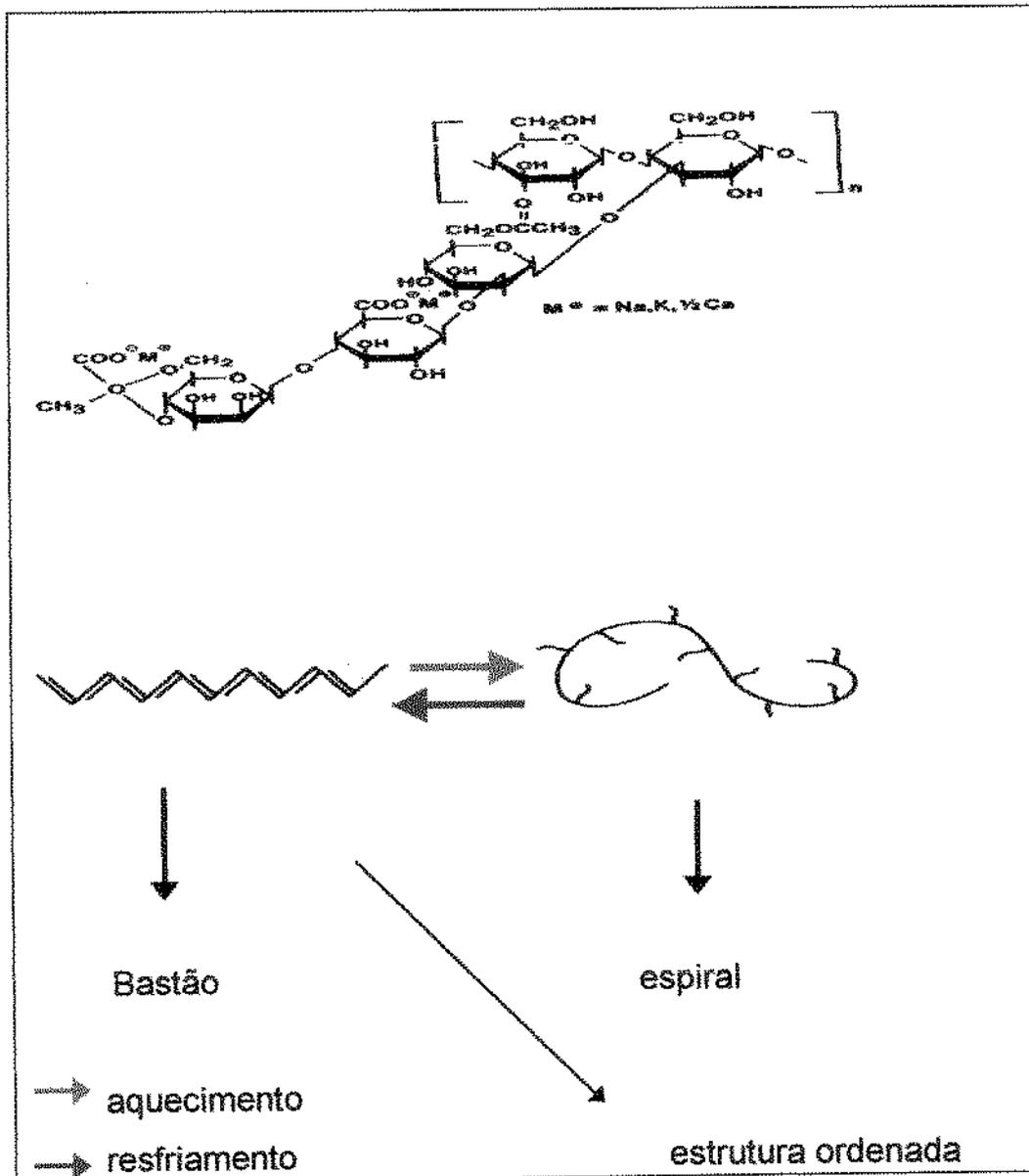


Figura 3 - Estrutura da goma xantana

Além das propriedades tecnológicas, os estudos conduzidos por EASTWOOD et al. (1986), mostraram que a ingestão de xantana provoca uma redução (10%) no colesterol e um aumento na concentração de ácido bílico. O estudo foi realizado com 5 voluntários por 23 dias consecutivos, que ingeriram uma quantidade de xantana 15 vezes maior que o recomendado pela FAO/WHO (10 mg/kg b. w.). Neste período não se verificou nenhum efeito na bioquímica do plasma, nos parâmetros urinários, nos testes de insulina e no nível de HDL colesterol. Esses dados mostraram que a xantana não causa nenhum efeito toxicológico.

## 5.2 UTILIZAÇÃO DA GOMA XANTANA NA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA

Devido à sua grande capacidade de estabilizar emulsões e como espessante estável em meios ácidos, a goma xantana também pode ser utilizada juntamente com outros compostos, como amidos modificados, para substituição de gorduras em vários alimentos (WARD, 1997).

A utilização de goma xantana como substituto parcial de gordura para bolos é bastante benéfica, pois provoca um aumento no volume, característica esta, muito importante em bolos com níveis reduzidos de gordura, pois estes tendem a apresentar um baixo volume. MILLER et al., (1993), estudaram o efeito da goma xantana em bolos e verificaram que na concentração de 1,0% (p/p), o volume do bolo foi bem mais elevado que aquele observado com a ausência da goma.

## 6. INTERAÇÕES ENTRE AMIDOS E GOMAS

CHRISTIANSON et al. (1981), realizaram um estudo sobre os efeitos da combinação de amido de trigo com goma xantana, goma guar e celulose

nas propriedades de gelatinização. Foi verificado, através de curvas do visco-amilógrafo Brabender e curvas de um viscosímetro industrial, um substancial aumento no pico final da viscosidade do amido de trigo. As dispersões amido - guar e amido - xantana apresentaram um efeito sinérgico na viscosidade, que permaneceu estável à temperatura ambiente. Esta viscosidade estável, segundo os autores, sugere que fortes associações de amido solúvel (amilose) com gomas são desenvolvidas durante o processo de gelatinização. O comportamento reológico da pasta amido - xantana mostrou pseudoplasticidade, enquanto que a pasta amido - goma guar mostrou alguma resistência à agitação mecânica.

SANDERSON (1982), estudou a interação da goma xantana com amido e observou que na presença da goma xantana a temperatura na qual ocorre o aumento inicial da viscosidade é mais baixa em comparação à temperatura observada para o amido sem a goma. Observou, ainda, que o pico de viscosidade, tanto para o amido sozinho, quanto para as misturas de amido com xantana, ocorre à mesma temperatura, isto é, o máximo de viscosidade é atingido em ambos os casos, após essencialmente à mesma energia fornecida. Segundo o autor a exata influência da goma xantana na temperatura de gelatinização do amido ainda não é conhecida, porém existe indicações que a presença de altos níveis de hidrocolóides (1%) provoca um aumento na temperatura de gelatinização, o que pode ser observado através de medidas de birrefringência e DSC.

SUDHAKAR et al. (1993), realizaram um trabalho sobre o efeito da adição de açúcar na presença de misturas de amido e goma xantana ou goma guar. Esses pesquisadores observaram que, a uma concentração fixa de amido e goma, ocorre um aumento na viscosidade da pasta se a concentração de açúcar for aumentada de 10 para 30%. Similarmente, a uma concentração fixa de açúcar e de amido, há um aumento da

viscosidade da pasta quando a concentração de goma guar é aumentada de 0.05 para 2.0%. De acordo com esses autores as interações amido-goma na presença de sacarose pode ser explicada através de dois tipos de interações: interação polímero - polímero e/ou interação polímero-solvente, que ocorre no sistema. Na presença de açúcar, a interação polímero - polímero é favorecida, quando comparadas com interações polímero - solvente, devido à competição pela água exercida pelo açúcar. Quando a concentração de açúcar aumenta, a interação polímero-polímero aumenta, especialmente no caso da interação amido - goma guar. Isto é sustentado pelo fato de que quando a concentração de guar é elevada, um aumento na interação dos polímeros toma lugar, tendo como reflexo um aumento na viscosidade (CARLSON e ZIEGENFUSS, 1965).

FERRERO et al (1993), realizaram um estudo sobre o efeito da goma xantana no congelamento de pastas de amido de milho e amido de trigo. Utilizaram 10% (p/p) de amido e adicionaram 0,3% de xantana e estudaram os efeitos através de sucção capilar, microscopia indireta, viscosidade rotacional e calorimetria diferencial de varredura. Segundo os autores o congelamento tem um efeito significativo na deterioração das pastas de amido. Quanto mais alta a taxa de congelamento, menor a produção de exudado e melhor as características de textura. A estrutura esponjosa observada com taxas de congelamento menores que 10mm h<sup>-1</sup> pode ser atribuída à liberação de água causada pelo congelamento lento e formação de grandes cristais de gelo. Quando a goma xantana é adicionada, esta estrutura esponjosa, formada devido à retrogradação da amilose foi eliminada. Não foi verificado efeito da xantana na formação dos cristais e na retrogradação da amilopectina. Com a adição de xantana houve pequena formação de exudado devido, provavelmente, à grande capacidade de retenção de água da goma.

### III. MATERIAL E MÉTODOS

#### 1 MATERIAL

##### 1.1 Matéria Prima

Neste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias primas:

- farinha de trigo especial da marca "Dona Benta", produzida pela indústria J.B Macedo (Santos - SP).
- açúcar da marca comercial "União", produzido pela Cia União dos Refinadores de Açúcar e Café.
- clara de ovos desidratada, amostras cedidas pela empresa Ito Ovos (Diadema - SP).
- leite em pó desnatado da marca comercial "Molico" produzido pela empresa Nestlé Ind. e Com. Ltda (Araçatuba - SP).
- fermento químico produzido pela empresa Fleishmann Royal (Jundiaí - SP).
- gordura vegetal hidrogenada da marca "Saúde" produzida pela empresa SANBRA (Valinhos - SP).
- goma xantana, amostra cedida pela empresa Rhódia S/A. (São Paulo - SP).
- goma guar, amostra da empresa Fonte. (São Paulo - SP).
- amido de milho ceroso pré gelatinizado de marca comercial "Instant Pure Flo F" e amido de milho ceroso N – Lite LP, amostras fornecidas pela empresa National Starch and Chemical Corp. (Bridgewater - NJ).

## 1.2 Equipamentos

Além da vidraria e equipamentos de rotina de laboratórios para análises químicas e físicas, os seguintes equipamentos foram utilizados:

- Batedeira planetária Walita
- Forno elétrico Scarceli
- Balança digital Mettler Toledo PB 3002
- Balança semi-analítica Mettler Toledo modelo AB 204
- Texturômetro modelo XT. RA dimension V3 7G
- Colorímetro Minolta CR 300
- Farinógrafo Brabender
- Rapid Visco Analyser
- Microscópio estereoscópico Cítoval 2

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Processamento do Bolo

Para o processamento do bolo foi utilizado o método nº 10-90 da American Association of Cereal Chemistry - AACC (1995), com adaptações na formulação. As adaptações da formulação foram feitas com base no cálculo para balanceamento de formulações de bolo, descrito por (COUGHLIN, 1947).

A gomas xantana, guar e o amido de milho ceroso pré - gelatinizado foram adicionados aos bolos juntamente com os ingredientes secos, conforme descrito por MILLER e HOSENEY (1993).

#### 2.1.1 Formulação e Procedimento

A formulação básica utilizada foi:

<b>Ingredientes</b>	<b>porcentagem *</b>
farinha de trigo	100%
açúcar	90%
leite em pó desnatado	5,5%
clara de ovo em pó	2,5%
fermento químico	5%
gordura vegetal hidrogenada	30%
água	95%

\* calculada em relação ao peso da farinha

---

O processamento dos bolos consistiu na mistura por 1 minuto dos ingredientes secos e a gordura, em velocidade lenta (1). A seguir foi adicionado o equivalente a 60% do total da água e a mistura foi batida por 4,5 minutos, sendo os 30 segundos iniciais em velocidade lenta (1) e o restante do tempo em velocidade média (3). Após esse tempo foi acrescentado o equivalente a 20% do total de água seguido de batimento por 30 segundos em velocidade lenta e 3 minutos em velocidade média. Finalmente foi adicionado o restante da água, seguido de batimento por trinta segundos em velocidade lenta e 3 minutos em velocidade média. A massa assim formada foi colocada em assadeiras de 15cm x 8 cm x 7cm e o bolo foi assado a 195°C por 35 minutos.

### 2.1.2 Avaliação da Qualidade

A qualidade dos bolos foi avaliada através dos seguintes parâmetros:

#### 2.1.2.1 Gravidade específica

A gravidade específica (g/ml) foi determinada pelo método método nº 72-10 da AACC (1995)

#### 2.1.2.2 Volume específico

O volume específico (ml/g) foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço

#### 2.1.2.3 Qualidade subjetiva dos bolos

A avaliação subjetiva da qualidade foi realizada segundo o método nº 10-91 da AACC (1995), cuja atribuição de notas é mostrada Tabela 3. A avaliação foi feita por 10 provadores e a nota final foi estabelecida de acordo com as atribuições feitas pela maioria dos provadores.

#### 2.1.2.4 Perfil da textura

Os parâmetros para a obtenção do perfil da textura dos bolos: dureza (g) e fraturabilidade (g) foram determinados através dos testes conduzidos em um texturômetro modelo XT. RA Dimension V3 7G, programa XTRAD Dimension U376 com um probe cilíndrico de acrílico. As seguintes condições experimentais foram usadas:

Força em compressão, com um probe (cilíndrico de 25 mm de diâmetro), que penetrou dez vezes na amostra.

velocidade: 2,0mm/s .

velocidade de pré teste (velocidade que o probe desce até chegar à amostra): 5,0 mm/s.

velocidade de pós teste (velocidade que o probe volta à posição inicial ao sair da amostra): 5,0 mm/s

força de contato (é a força inicial que o probe vai exercer na amostra para começar registrar o gráfico): 5,0 g.

distancia:10.0mm, que corresponde à profundidade de penetração do probe.

sensibilidade do aparelho: 5 g.

Os parâmetros que definiram o perfil da textura foram obtidos com amostras do bolo. O bolo foi cortado com um fatiador elétrico, em 12 fatias de mesma espessura. Para medir a textura foram utilizadas as duas fatias centrais e duas fatias da extremidade do bolo, sendo uma fatia de cada extremidade, das quais retirou - se as cascas com uma faca elétrica e cortou - se, com o mesmo instrumento, as fatias no formato de um quadrado com 4cm de lado. A medida de textura foi feita em duplicata, sendo que para cada medida foram utilizadas uma fatia central e uma fatia da extremidade sobrepostas.

Tabela 3 - Atributos de Qualidade do Bolo

Atributos	Pontos
<b>A-) CÉLULAS*</b>	
<b>Uniformidade</b>	
normal	10
levemente desigual	6
desigual	2
<b>Tamanho</b>	
normal	10
fechadas	8
levemente abertas	6
abertas	4
<b>Espessura das paredes</b>	
normal	10
levemente espessa	6
espessa	2
<b>B-) MIOLO</b>	
normal	16
áspero	10
grosseiro	8
<b>C-) TEXTURA</b>	
<b>Úmidade</b>	
normal	10
levemente seca	8
gomosa	6
seca	4
<b>Firmeza</b>	
normal	14
firme	12
levemente duro	10
duro	4
<b>Maciez</b>	
normal	10
levemente firme	8
firme	4
<b>D-) COR DO MIOLO</b>	
normal	10
branco	8
levemente escuro	8
levemente amarelado	8
amarelado	6
levemente escuro e amarelado	4
<b>E-) SABOR*</b>	
normal	10
estranho	0
<b>SOMA TOTAL</b>	<b>100</b>

### 2.1.2.5 Cor do miolo

A cor do miolo das fatias utilizadas para a determinação da textura dos bolos foi obtida com o auxílio de um colorímetro Minolta, utilizando - se um iluminante C, com um ângulo de 2°C .O sistema usado foi o Hunter Lab, corrigido pela CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) e é definido pelo espaço L\*a\*b\*, sendo que os valores de L\* (luminosidade ou brilho) variam entre zero (preto) até 100 (branco). No eixo a\* tem - se uma variação de cor que vai desde -a\* (verde) ate +a\* (vermelho) e no eixo b\*, a variação de cor vai de -b\* (azul) até +b\* (amarelo). Foi calculada também a diferença de cor ( $\Delta E$ ), que avalia a maior ou menor diferença de cor do produto em estudo em relação à um padrão.

A diferença de cor foi calculada através da fórmula:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

Como padrão foi utilizado o bolo com 30% de gordura.

### 2.1.2.6 Análise sensorial dos bolos

Foi feita uma análise sensorial do bolo com teor de gordura reduzido (bolo com máxima redução de gordura conseguida no experimento com aplicação da mistura amido - goma), comparado com um bolo padrão (bolo com 30% de gordura) e um bolo produzido com um substituto de gordura comercial (com a mesma redução de gordura do bolo obtido no experimento). Foi utilizada uma escala hedônica e os quesitos avaliados

---

foram: aparência, textura e sabor. Os bolos foram avaliados por 30 provadores, de acordo com os parâmetros e respectivos valores apresentados na ficha de análise sensorial. Os dados foram analisados pelo programa Statistica versão 5.0 e apresentado em tabelas e gráficos.

#### 2.1.2.7 Avaliação da umidade do bolo durante o armazenamento

As mesmas amostras avaliadas sensorialmente, foram avaliadas quanto à umidade para verificar a capacidade de retenção de água da mistura amido - goma xantana. Foram produzidos 7 bolos de cada amostra, e estes foram avaliados no 1º, 2º, 4º, 6º, 8º, 10º e 12º dias de armazenamento. Para o armazenamento os bolos foram acondicionados em sacos de polietileno (selados em uma seladora) e deixados à temperatura ambiente.

## **2.2 Ensaio I: Efeito da Adição de Misturas Combinadas de Amido de Milho Ceroso Pré - Gelatinizado e Gomas Xantana e Guar nas características dos bolos**

### 2.2.1 Determinação dos Níveis de Adição do Amido e das Gomas.

Para se estabelecer os níveis mínimo e máximo das gomas, foram feitos testes preliminares, tendo como base os trabalhos de WARING (1988) e HIPPEUSER et al. (1995), que, respectivamente, utilizaram concentrações de gomas iguais a 0,25% e 0,80%.

Foram preparados bolos com adição de 0; 1,0; 1,5 e 2,0 % das gomas guar ou xantana em relação ao peso da farinha. Para os amidos comerciais (N – Lite LP e Instant Pure Flo F) também foram utilizados, os mesmos teores mencionados para as gomas.

## ANÁLISE SENSORIAL BOLO (ficha utilizada)

Nome: \_\_\_\_\_ data: \_\_\_\_\_

Avalie a aparência de cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou:

1. desgostei muitíssimo
2. desgostei muito
3. desgostei regularmente
4. desgostei ligeiramente
5. indiferente
6. gostei ligeiramente
7. gostei regularmente
8. gostei muito
9. gostei muitíssimo

número da amostra:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

valor:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Utilizando a mesma escala avalie a textura:

número da amostra:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

valor:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Ainda com a mesma escala avalie o sabor:

número da amostra:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

valor:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Com os limites de adição dos hidrocolóides determinados em 2.2.1, montou-se três experimentos para verificar o efeito da adição combinada destes compostos. As seguintes composições foram avaliadas: amido + goma xantana, amido + goma guar e amido + gomas xantana e guar.

### 2.2.2 Efeito da Adição da Mistura Amido - Goma Xantana nas características dos bolos

O efeito combinado das duas variáveis foi estudado através de um delineamento fatorial  $2^2$ , com duas variáveis independentes, em dois níveis, segundo NETO et al (1995). A Tabela 4 mostra o delineamento experimental com os respectivos níveis. Foram avaliados os parâmetros: gravidade específica da massa (2.1.2.1), volume específico do bolo (2.1.2.2), qualidade subjetiva dos bolos (2.1.2.3, sendo que foram considerados somente os itens A,B e E da Tabela 3, pois os demais foram determinados por métodos objetivos), fraturabilidade e dureza (2.1.2.4) e diferença de cor (2.1.2.5).

### 2.2.3 Efeito da Adição da Mistura Amido - Goma Guar nas características dos bolos

O efeito combinado das duas variáveis também foi estudado através de um delineamento fatorial  $2^2$ , com duas variáveis independentes, em dois níveis, segundo NETO et al (1995). O delineamento pode ser verificado na Tabela 4. Os parâmetros analisados foram os mesmos do item 2.2.2.

Tabela 4 - Delineamento experimental para avaliação do efeito das misturas do amido ceroso de milho pré -gelatinizado com a goma xantana ou goma guar nas características de qualidade do bolo.

Testes	Valores codificados		Valores não codificados	
	Gomas	Amido MCPG	Gomas	Amido MCPG
1	-1	-1	0,25%	0,75%
2	+1	-1	0,50%	0,75%
3	-1	+1	0,25%	1,00%
4	+1	+1	0,50%	1,00%

MCPG = Amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 5 - Delineamento experimental para estudo do efeito da mistura de amido de milho ceroso pré - gelatinizado com as gomas guar e xantana, nas características de qualidade do bolo.

Testes	Valores codificados			Valores não codificados		
	Variável xantana	Variável Amido MCPG	Variável Guar	Variável xantana	Variável Amido MCPG	Variável guar
1	-1	-1	-1	0,25%	0,75%	0,25%
2	+1	-1	-1	0,50%	0,75%	0,25%
3	-1	+1	-1	0,25%	1,00%	0,25%
4	+1	+1	-1	0,50%	1,00%	0,25%
5	-1	-1	+1	0,25%	0,75%	0,50%
6	+1	-1	+1	0,50%	0,75%	0,50%
7	-1	+1	+1	0,25%	1,00%	0,50%
8	+1	+1	+1	0,50%	1,00%	0,50%

MCPG = Amido de milho ceroso pré - gelatinizado

## 2.2.4 Efeito da Adição da Mistura Amido - Goma Xantana – Goma Guar nas características dos bolos

O efeito das misturas amido + goma xantana + goma guar foi avaliado através de um delineamento fatorial  $2^3$ , com três variáveis independentes em dois níveis de adição (Tabela 5). Os níveis de adição foram os mesmos determinados em 2.2.1. Os efeitos das diferentes misturas foram avaliados pelos mesmos parâmetros do item 2.2.2.

## 2.3 Ensaio II: Efeito da Mistura Amido - Goma Xantana nas Propriedades Reológicas da Massa

### 2.3.1 Propriedades de Mistura

As propriedades de mistura de farinhas de trigo contendo amido + goma xantana foram determinadas com um Farinógrafo Brabender, segundo o método n<sup>o</sup> 54 - 21 da AACC (1995). Foi também verificado o efeito isolado do amido e da goma xantana nas propriedades de mistura determinadas no Farinógrafo. As seguintes misturas avaliadas foram:

Amostra	Composição
1	Farinha + 0,25% de xantana + 0,75% de amido MCPG
2	Farinha + 0,25% de xantana
3	Farinha + 0,75% de amido MCPG
4	Farinha + 0,50% de xantana + 0,75% de amido MCPG
5	Farinha + 0,50% de xantana
6	Farinha + 0,25% de xantana + 1,00% de amido MCPG
7	Farinha + 1,00% de amido MCPG
8	Farinha + 0,50% de xantana + 1,00% de amido MCPG
9	Farinha

### 2.3.2 Efeito da Mistura Amido - Goma Xantana nas Propriedades da Pasta.

As propriedades de pasta das amostras de farinha, contendo amido e goma xantana foram determinadas com o Rapid Visco Analyser, segundo o método nº 61 - 02 da AACC (1995). Também, nesta análise foram realizados nove testes, com os mesmos níveis de xantana e amido citados no item 3.2.4.1.

### 2.4 Ensaio III: Efeito da Mistura de Amido com Goma Xantana na Substituição Parcial da Gordura em Bolos.

A substituição da gordura ou parte dela pela mistura de amido com goma xantana foi avaliada através de um delineamento experimental do tipo central composto rotacional de 2ª ordem (BOX et al., 1978). Foram utilizadas três variáveis independentes (amido, goma xantana e gordura) em dois níveis de adição.

Os níveis inferior e superior (-1 e +1) de goma xantana e amido foram os mesmos utilizados em 2.2.1. Com estes níveis estabelecidos, calculou-se os níveis axiais inferiores e superiores ( $-\alpha$  e  $+\alpha$ ), pela fórmula:

$$xi = Xi - Z / \Delta Xi$$

onde:

$xi$  = valor codificado da variável  $Xi$ ;

$Xi$  = valor real da variável;

$Z$  = valor real da variável no ponto central

$\Delta X$  = valor do intervalo de variação de  $xi$

---

Para a gordura estabeleceu - se primeiramente o nível axial superior, pois o limite máximo de gordura utilizado seria 30%. Para o nível linear inferior estabeleceu - se o valor de 15% e a partir destes dados, realizou - se o cálculo dos demais níveis com a formulação acima citada.

A tabela 6 mostra os níveis codificados e axiais das variáveis independentes goma xantana, amido e gordura. O delineamento experimental para se avaliar a substituição parcial da gordura em bolos, pelas misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado e goma xantana é mostrado na Tabela 7.

Os efeitos das diferentes misturas foram avaliados em relação à gravidade específica da massa (2.1.2.1), ao volume específico do bolo (2.1.2.2), à qualidade subjetiva dos bolos (2.1.2.3), à dureza e fraturabilidade (2.1.2.4) e diferença de cor (2.1.2.5).

### 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

#### 3.1 Ensaio I: Avaliação do Efeito da Adição de Misturas Combinadas de Amido de Milho Ceroso Pré - Gelatinizado e Gomas Guar e Xantana.

Com os resultados obtidos no item 2.2.2 foram calculados os efeitos das variáveis independentes e de sua interação nas variáveis dependentes através do programa "Statística" versão 5.0.

A Tabela 6 mostra os valores calculados para os níveis codificados e axiais das variáveis independentes.

Tabela 6 - Níveis codificados e axiais:

Níveis		Variáveis independentes		
Codificados	Axiais	Variável 1 xantana	Variável 2 Amido MCPG	Variável 3 gordura
-1		0,250%	0,750%	15,00%
0		0,375%	0,875%	20,60%
+1		0,500%	1,000%	26,20%
	- $\alpha$	0,165%	0,700%	11,20%
	+ $\alpha$	0,585%	1,050%	30,00%

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 7 - Delineamento experimental completo para avaliar a substituição do teor de gordura em bolo utilizando a mistura amido de milho ceroso pré - gelatinizado e goma xantana.

Testes	Variáveis independentes codificadas			Variáveis independentes não codificadas		
	Xantana	Amido MCPG	Gordura	Xantana	Amido MCPG	Gordura
1	-1	-1	-1	0,250%	0,750%	15,0%
2	1	-1	-1	0,500%	0,750%	15,0%
3	-1	+1	-1	0,250%	1,00%	15,0%
4	+1	+1	-1	0,500%	1,00%	15,0%
5	-1	-1	+1	0,250%	0,750%	26,2%
6	+1	-1	+1	0,500%	0,750%	26,2%
7	-1	+1	+1	0,250%	1,00%	26,2%
8	+1	+1	+1	0,500%	1,00%	26,2%
9	0	0	0	0,375%	0,875%	20,6%
10	0	0	0	0,375%	0,875%	20,6%
11	- $\alpha$	0	0	0,165%	0,875%	20,6%
12	+ $\alpha$	0	0	0,585%	0,875%	20,6%
13	0	- $\alpha$	0	0,375%	0,700%	20,6%
14	0	+ $\alpha$	0	0,375%	1,05%	20,6%
15	0	0	- $\alpha$	0,375%	0,875%	11,2%
16	0	0	+ $\alpha$	0,375%	0,875%	30,0%

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

O efeito, segundo NETO et al.,1995 pode ser representado pela expressão:

$$V = (1/2) (ym_2 + ym_4) - (1/2) (ym_1 + ym_3)$$

Onde:

E = efeito principal

$ym_2$  e  $ym_4$  são valores médios do nível superior

$ym_1$  e  $ym_3$  são valores médios do nível inferior

Essa expressão vale para qualquer efeito principal em um planejamento fatorial de dois níveis e pode ser considerada como uma definição alternativa de efeito principal.

### 3.2 Ensaio III: Avaliação do efeito da Mistura de Amido com Goma Xantana na Substituição Parcial da Gordura em Bolos.

Os dados foram processados pelo programa Statística versão 5.0. ajuste do modelo foi feito por mínimos quadrados, com significância testada através da análise de variância (ANOVA), através da qual foram analisados o coeficiente de determinação ( $R^2$ , que indica o ajuste do modelo e quanto mais próximo seu valor de 1, melhor terá sido o ajuste do modelo), a significância da regressão e a falta de ajuste ao nível de 95% de confiança pelo teste F.

Através da análise de variância, o modelo foi selecionado e as superfícies de respostas e os gráficos de linhas de contorno foram

traçados. Para traçar os gráficos, foi fixada uma variável independente de cada vez no ponto central.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram selecionados os amidos que seriam utilizados para substituição de gordura em bolos. Baseado nos trabalhos de WARING (1988) e HIPPLEHEUSER (1995) foram selecionados os amidos comerciais Instant Pure Flo F, que é um amido de milho ceroso pré gelatinizado e cuja principal característica é conferir uma textura suave aos produtos e o Amido N-Lite LP, que confere textura oleosa aos produtos, é estável ao calor, acidez e agitação mecânica.

### 1. DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE AMIDOS E GOMAS A SEREM UTILIZADOS.

Foram realizados alguns ensaios preliminares com a aplicação dos amidos nas concentrações de 0,50% a 2,00% em relação ao peso da farinha, na formulação do bolo. Em concentrações superiores a 1,00% de Amido Instant Pure Flo F e N – Lite LP ocorreu uma redução no volume e na qualidade dos bolos conforme ilustram as Figuras 4, 5, 6 e 7.

A gravidade específica (g/ml) para o amido N – Lite LP, sofreu redução até a concentração de 1,00% e desta concentração até 2,00% praticamente se manteve constante (Figura 8). Para o amido Instant Pure Flo F aumentou gradativamente para concentrações acima de 0,50% (Figura 9).

Entre os amidos analisados, os melhores resultados foram obtidos com o Amido Instant Pure Flo F, que foi, assim, selecionado para os

experimentos posteriores. A faixa de concentração de 0,75% à 1,00% deste amido, proporcionou melhores resultados para o volume específico (ml/g) e qualidade do bolo, sendo portanto selecionada para os estudos do efeito da adição do amido e gomas na qualidade dos bolos.

Os níveis de gomas a serem utilizados foram determinados através de testes preliminares, onde a concentração destes compostos variou de 0,00% a 2,00%. Os parâmetros de qualidade utilizados para avaliar o efeito das gomas nas características de qualidade dos bolos foram os mesmos dos testes com os amidos. Os resultados destes testes são mostrados nas Figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15.

Os comportamentos das gomas xantana e guar foram semelhantes quanto aos parâmetros investigados. Baseado nesses resultados foi decidido que tanto a goma xantana quanto a goma guar deveriam ser utilizadas para se avaliar o efeito da adição de amido e gomas nas propriedades dos bolos. Os melhores resultados quanto ao volume específico (ml/g) e qualidade (pontos) foram encontrados nos teores de 0,25 e 0,50%, de gomas guar e xantana, que foram definidos como os limites para o estudo do efeito das misturas amido + goma xantana e amido + goma guar nas características dos bolos, entretanto, no experimento da mistura amido + xantana + guar, foram utilizados os níveis de 0,00 e 0,25% das gomas, para que o limite da adição das gomas não ultrapassasse 0,50%, pois acima desse percentual ocorreu um decréscimo no volume específico (ml/g) e na qualidade do bolo.

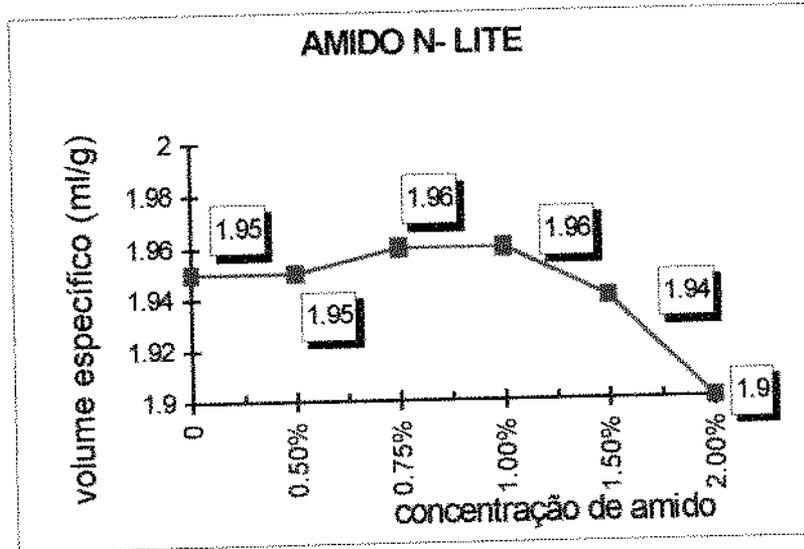


Figura 4 - Volume específico x concentração de amido Instant Pure Flo F

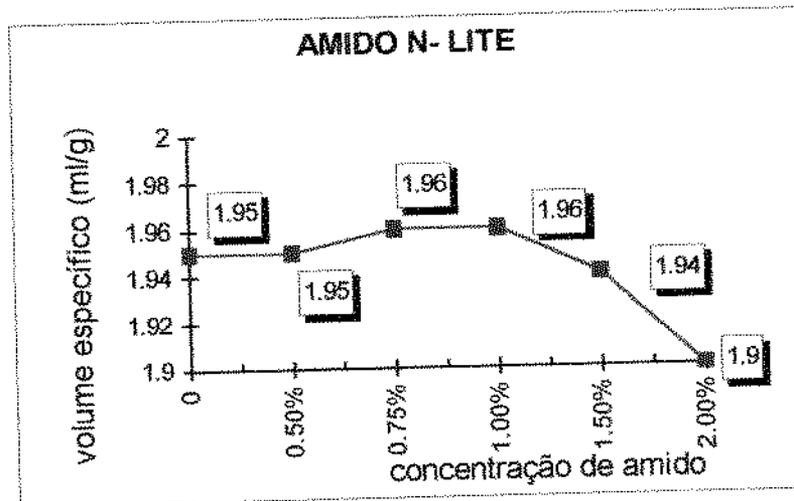


Figura 5 - Volume específico x concentração de amido N - Lite LP

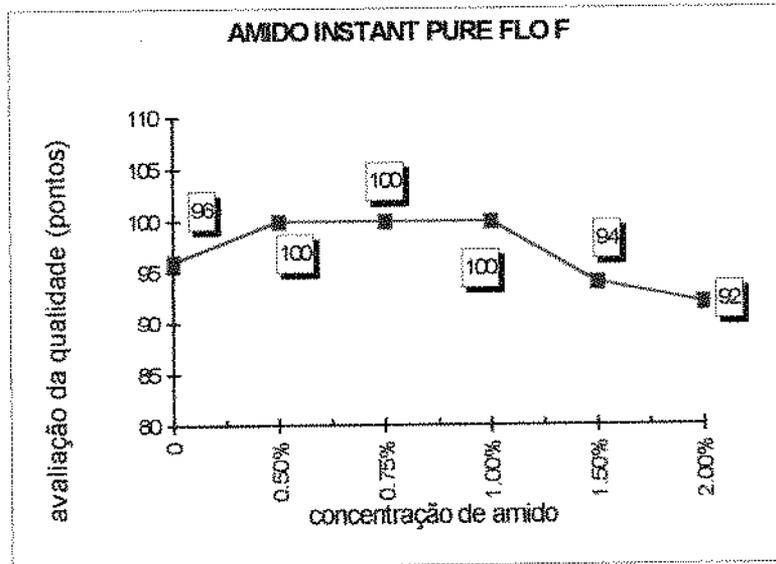


Figura 6 – Avaliação da qualidade x concentração de amido Instant Pure Flo F

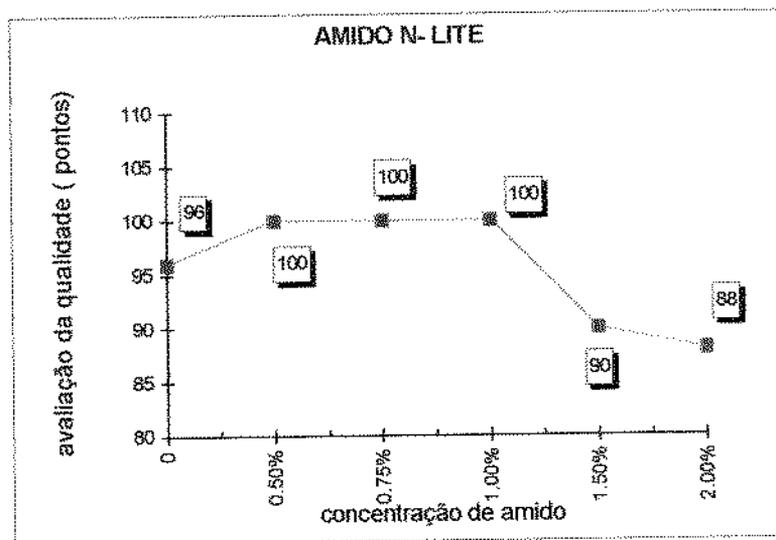


Figura 7 – Avaliação da qualidade x concentração de amido N LITE LP

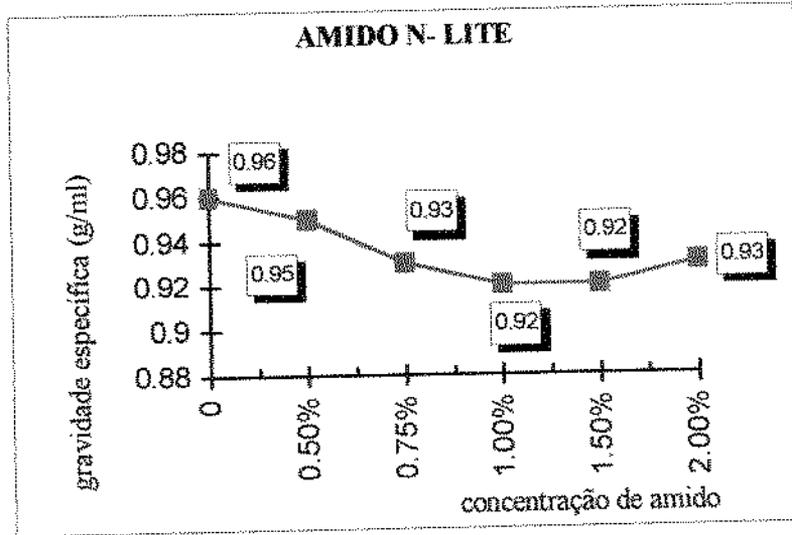


Figura 8 – Gravidade específica x concentração de amido N LITE LP

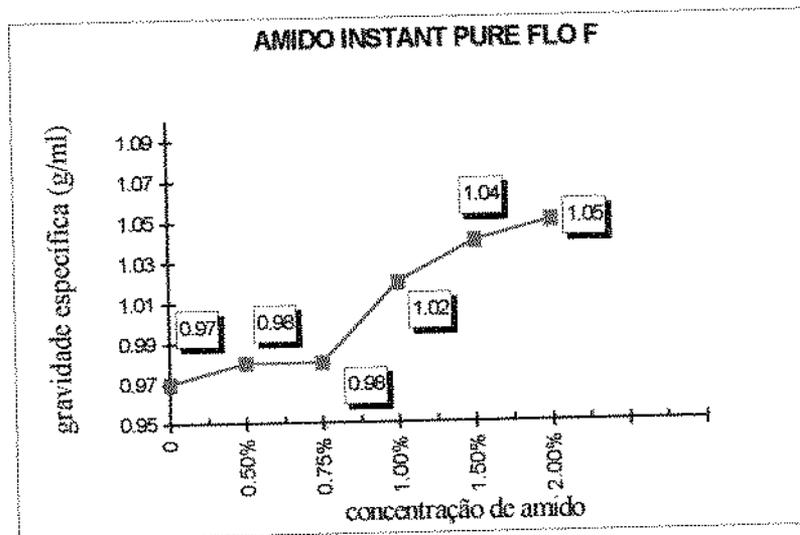


Figura 9 – Gravidade específica x concentração de amido Instant Pure Flo F

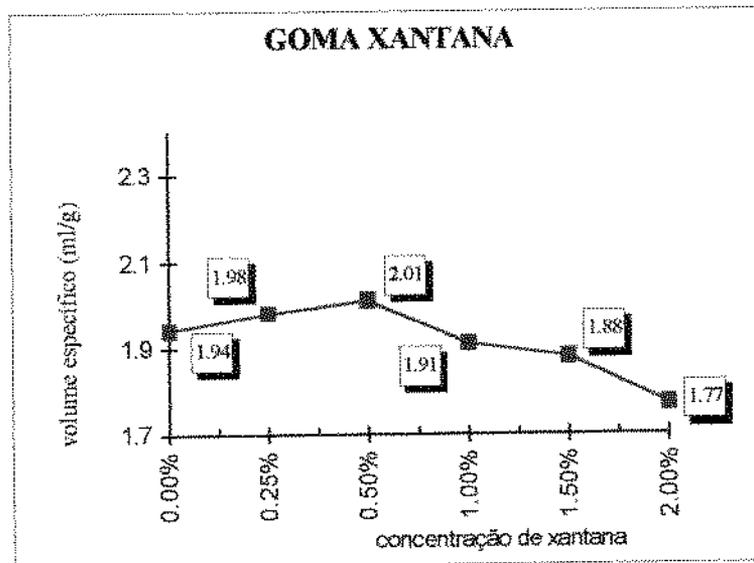


Figura 10 – Volume específico x concentração de goma xantana

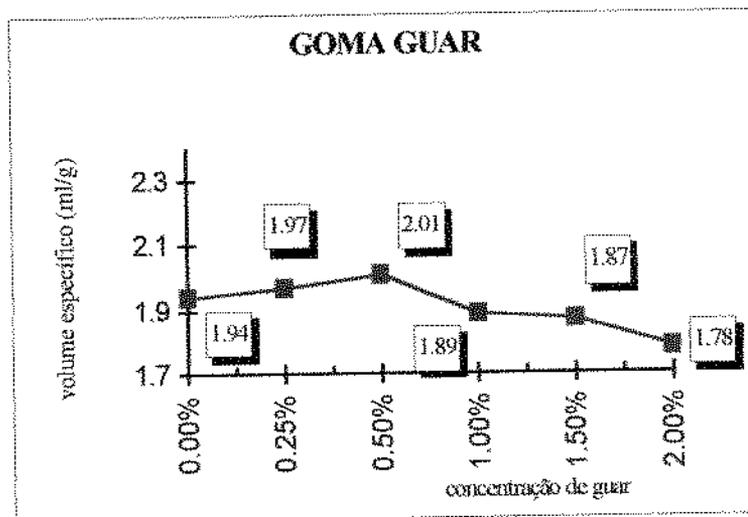


Figura 11 – Volume específico x concentração de goma guar

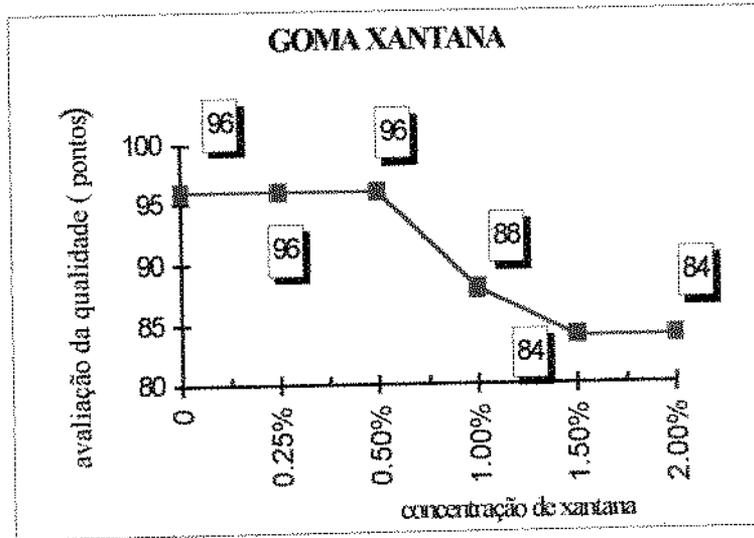


Figura 12 – Avaliação da qualidade x concentração de goma xantana

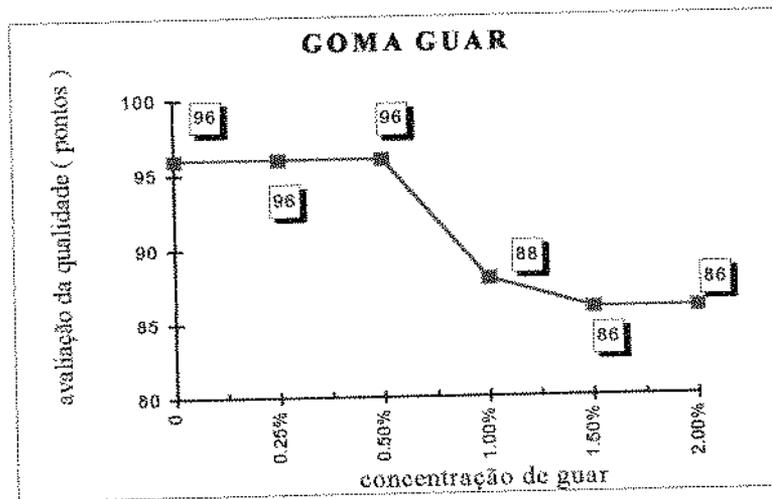


Figura 13 – Avaliação da qualidade x concentração de goma guar

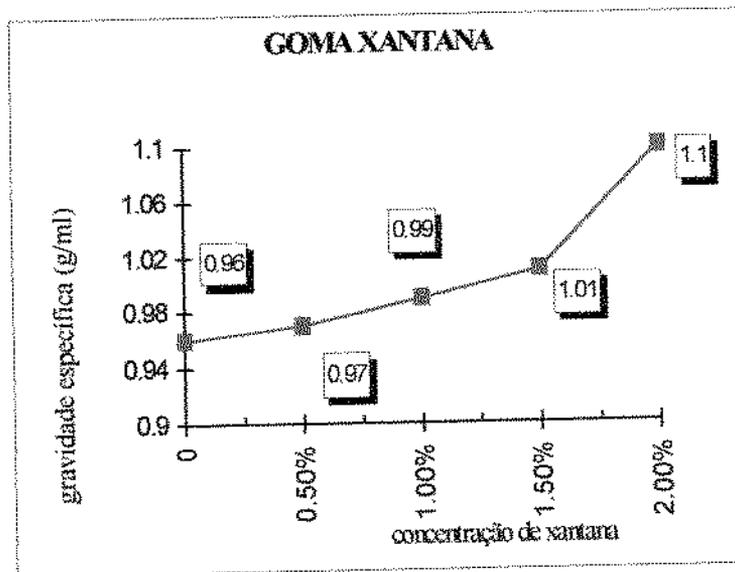


Figura 14 - Gravidade específica x concentração de goma xantana

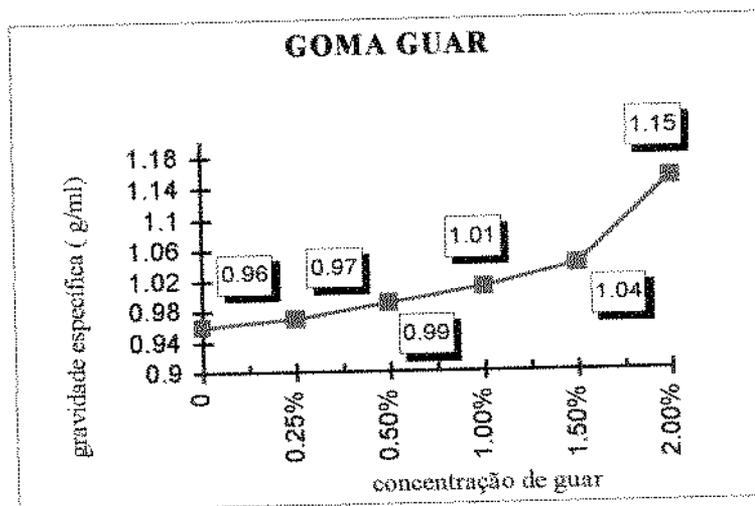
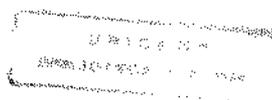


Figura 15 – Gravidade específica x concentração de goma guar



## 2. ENSAIO I: EFEITO DA ADIÇÃO DE MISTURAS COMBINADAS DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO E GOMAS XANTANA E GUAR NAS CARACTERÍSTICAS DOS BOLOS.

Com as faixas de concentração das misturas determinadas foram então realizados três experimentos para o estudo dos efeitos das misturas de amido e gomas nas características tecnológicas dos bolos.

### 2.1 EFEITO DA ADIÇÃO DA MISTURA AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO + GOMA XANTANA NAS CARACTERÍSTICAS DOS BOLOS

A Tabela 8 mostra o efeito de diferentes concentrações de amido + goma xantana nas variáveis: volume específico (ml/g), gravidade específica (g/ml), diferença de cor, qualidade e textura (dureza (g) e fraturabilidade (g).

Os resultados dos parâmetros que definem o perfil da textura de bolos confeccionados com as diferentes combinações amido – goma xantana são mostrados na Tabela 10.

A adição das misturas de amido e goma xantana provocou um pequeno aumento no volume específico dos bolos (ml/g) e na gravidade específica da massa (g/ml), em relação ao bolo sem adição dessas misturas.

As misturas de amido e goma xantana provocaram alterações na cor dos bolos, tornando o miolo mais amarelado em relação ao bolo padrão. Tanto a dureza quanto a fraturabilidade aumentaram com a adição das misturas amido – goma xantana, independente da proporção entre esses compostos.

Tabela 8 - Efeito da adição das misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado e goma xantana nas características da massa e dos bolos.

Teste	Volume específico do bolo (ml/g)	Gravidade específica da massa (g/ml)	Diferença de cor	Qualidade (pontos)*
Bolo padrão	1,94 ± 0,02	0,98 ± 0,01	-	56,00
1 – 0,25% xantana + 0,75% amido MCPG	2,07 ± 0,01	1,04 ± 0,03	2,89	56,00
2 – 0,50% xantana + 0,75% amido MCPG	2,00 ± 0,03	1,06 ± 0,03	5,00	52,00
3 – 0,25% xantana + 1,00% amido MCPG	1,88 ± 0,08	1,03 ± 0,02	3,01	52,00
4 – 0,50% xantana + 1,00% amido MCPG	2,03 ± 0,04	1,08 ± 0,03	4,12	56,00

\* os notas atribuídas para a obtenção dessa pontuação estão detalhadas na Tabela 9.

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 9 – Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade

Teste	Uniformidade das células	Tamanho das células	Espessura das paredes	Miolo	Sabor	Total
Bolo padrão	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00
1 – 0,25% xantana + 0,75% amido MCPG	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00
2 – 0,50% xantana + 0,75% amido MCPG	6,00	10,00	10,00	16,00	10,00	52,00
3 – 0,25% xantana + 1,00% amido MCPG	6,00	10,00	10,00	16,00	10,00	52,00
4 – 0,50% xantana + 1,00% amido MCPG	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 10 - Perfil da textura de bolos com adição de misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado e goma xantana .

Testes	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Bolo padrão	430,700 ±18,99	493,000 ±19,21
1 – 0,25% xantana + 0,75% amido MCPG	515,900 ±21,09	556,350 ±23,10
2 – 0,50% xantana + 0,75% amido MCPG	757,200 ±35,42	834,400 ±42,10
3 – 0,25% xantana + 1,00% amido MCPG	477,300 ±20,98	510,900 ±22,50
4 – 0,50% xantana + 1,00% amido MCPG	528,600 ±22,30	475,450 ±19,48

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

O efeito de cada um dos componentes da mistura amido - goma xantana, e da interação entre estes dois compostos, foi avaliado através do programa Statística, que através da matriz de planejamento e das respostas, determina o efeito de cada um dos compostos nas variáveis volume específico (ml/g), gravidade específica (g/ml), diferença de cor, qualidade, dureza (g) e fraturabilidade (g). Os resultados que estabelecem essas interações são apresentados nas Tabelas 11 e 12.

Os dados apresentados nas Tabelas 11 e 12 mostram que existe interação entre amido e goma, visto que o efeito desta mistura foi diferente do valor esperado para todas as respostas. Para o volume específico (ml/g), os efeitos das variáveis xantana e amido separadamente foram 0,040 e -0,080 (ml/g), respectivamente, o que resultaria em um efeito de -0,040 (ml/g) para a mistura amido - goma. No entanto, o valor do efeito da mistura foi 0,110 (ml/g), evidenciando uma interação entre as duas variáveis que contribuiu para o aumento do volume específico. Provavelmente a interação amido - goma, provavelmente, possibilitou uma maior incorporação de células de ar, que serviram de núcleo para a evolução dos gases e vapor d'água liberados durante o cozimento, provocando um volume elevado.

Para a gravidade específica (g/ml), o efeito esperado da mistura amido - goma seria de 0,040 (g/ml), considerando - se que os efeito da xantana e amido fossem somados sem interação. Porém o valor obtido de 0,012 (g/ml), indicou que o amido e goma interagiram de forma benéfica, ocasionando uma menor elevação da gravidade específica da massa. Valores elevados de gravidade não são desejáveis, pois indicam deficiência na incorporação de ar, resultando em bolos com baixo volume, pesados e má qualidade.

Tabela 11 – Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e da interação amido - goma nos parâmetros: volume específico, gravidade específica, diferença de cor e qualidade dos bolos.

Variável	Parâmetros			
	Volume específico do bolo (ml/g)	Gravidade específica da massa (g/ml)	Diferença de cor	Qualidade do bolo (pontos)
Média	1,995	1,054	3,755	54,00
Xantana	0,040	0,034	1,610	0,00
Amido	-0,080	0,006	-0,380	0,00
Amido - xantana	0,110	0,012	-0,500	4,00
Valor esperado*	-0,040	0,040	1,230	0,00

\* soma dos efeitos da xantana e do amido

Tabela 12 – Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e da interação amido – goma nos parâmetros dureza e fraturabilidade

Variável	Parâmetro	
	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Média	569,750	594,275
Xantana	146,300	121,300
Amido	-133,600	-202,200
Amido - xantana	-95,000	-156,750
Valor esperado*	12,700	-80,900

\* soma dos efeitos da xantana e do amido

Quanto à diferença de cor, também foi verificado uma forte interação entre goma e amido, pois a xantana teve um forte efeito positivo (1,610), enquanto o amido um efeito negativo de  $-0,380$ . Por outro lado, a mistura teve um efeito negativo de  $-0,500$  na diferença de cor. Apesar desta interação contribuir de forma negativa para a diferença de cor, a média obtida foi alta, devido à presença da xantana.

Para a qualidade do bolo, foi verificado que as variáveis amido e xantana não exerceram efeito, porém a mistura amido – goma, teve um efeito positivo, ou seja, contribuiu positivamente na qualidade do bolo.

A fraturabilidade (g) (Tabela 12), definida fisicamente como a força pela qual o material fratura, também foi afetada pela interação entre amido e goma, como mostra a diferença entre o valor esperado e o obtido. Nesse caso, o valor do efeito foi negativo, significando que a mistura amido – goma provocou redução na fraturabilidade. Resultado semelhante foi obtido para a dureza (g).

A análise dos efeitos mostrou que a mistura amido – goma tem efeito sinérgico na melhoria da qualidade do bolo. Segundo HUEBNER et al (1979), esse efeito sinérgico, ocorre provavelmente pela combinação dos grupos carboxílicos da xantana com os hidroxilados do amido, formando pontes de hidrogênio. Outros efeitos como a configuração da molécula também podem explicar o sinergismo amido – xantana. É possível que essa interação ou configuração da molécula resultem em uma estrutura que englobe bolhas de ar da mistura, impedindo sua coalescência e produzindo um maior número de núcleos para a evolução dos gases produzidos durante o cozimento.

## 2.2 EFEITO DA ADIÇÃO DA MISTURA AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO – GOMA GUAR NAS CARACTERÍSTICAS DE BOLOS

A Tabela 13 mostra o efeito de diferentes concentrações de misturas de amido e goma guar no volume específico (ml/g) do bolo, gravidade específica da massa (g/ml), diferença de cor e qualidade do bolo. A influência destas misturas nos parâmetros da textura, representados pela dureza (g) e fraturabilidade (g) são apresentados na Tabela 15.

A adição de amido e goma guar praticamente não afetaram o volume específico (ml/g) e a gravidade específica (g/ml) dos bolos e da massa, respectivamente em relação ao padrão. No entanto, estes bolos apresentaram pequenas variações na cor em relação ao bolo padrão.

Quanto aos parâmetros da textura, dureza (g) e fraturabilidade (g), a mistura amido – guar provocou aumento, resultando em valores bem mais elevados que o padrão.

Os resultados das Tabelas 13 e 15 foram analisados estatisticamente para a avaliação dos efeitos. Os efeitos são mostrados nas Tabelas 16 e 17.

A tabela 16 mostra que a interação amido – goma guar contribuiu para a elevação do volume específico (ml/g), pois apresentou um efeito positivo e maior do que o valor esperado.

Tabela 13 – Efeito da adição das misturas de amido de milho ceroso pré – gelatinizado e goma guar nas características da massa e dos bolos.

Teste	Volume específico (ml/g)	Gravidade Específica (g/ml)	Diferença de cor	Qualidade (pontos)
Bolo padrão	1,94 ± 0,02	0,98 ± 0,01	-	56,00
1 – 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	1,98 ± 0,05	1,03 ± 0,02	0,89	46,00
2 – 0,50% guar + 0,75% amido MCPG	1,91 ± 0,03	0,99 ± 0,02	1,82	50,00
3 – 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	1,77 ± 0,04	1,00 ± 0,03	2,31	50,00
4 – 0,50% guar + 1,00% amido MCPG	1,92 ± 0,02	1,06 ± 0,04	2,30	50,00

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

\* os notas atribuídas para a obtenção dessa pontuação estão detalhadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade

<b>Teste</b>	<b>Uniformidade das células</b>	<b>Tamanho das células</b>	<b>Espessura das paredes</b>	<b>Miolo</b>	<b>Sabor</b>	<b>Total</b>
Bolo padrão	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00
1 – 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	6,00	8,00	6,00	16,00	10,00	46,00
2 – 0,50% guar + 0,75% amido MCPG	6,00	8,00	10,00	16,00	10,00	50,00
3 – 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	6,00	8,00	10,00	16,00	10,00	50,00
4 – 0,50% guar + 1,00% amido MCPG	10,00	8,00	10,00	16,00	10,00	50,00

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 15 - Perfil da textura para diferentes misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado e goma guar em bolos

Testes	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Bolo padrão	430.700 ± 18,99	493.000 ± 19,21
1 – 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	915.770 ± 51,38	922.000 ± 54,50
2 – 0,50% guar + 0,75% amido MCPG	1116.225 ± 70,82	1173.400 ± 80,98
3 – 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	790.600 ± 39,95	854.700 ± 47,89
4 – 0,50% guar + 1,00% amido MCPG	718.600 ± 30,90	776.900 ± 34,81

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 16 – Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma guar e da interação amido - goma nos parâmetros: volume específico, gravidade específica, diferença de cor e qualidade do bolo.

Variável	Parâmetro			
	Volume específico do bolo (ml/g)	Gravidade específica da massa (g/ml)	Diferença de cor	Qualidade do bolo (pontos)
Média	1,895	1,022	1,830	49,00
Guar	0,040	0,048	0,460	1,00
Amido	-0,010	0,018	0,950	1,00
Amido – guar	0,110	0,008	-0,470	-1,00
Valor esperado*	0,030	0,030	1,410	2,00

\* soma dos efeitos da guar e do amido

Tabela 17 – Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma guar e da interação amido – goma nos parâmetros dureza e fraturabilidade

Variável	Parâmetro	
	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Média	885,229	931,750
Guar	64,228	86,800
Amido	-261,398	-231,900
Amido - guar	-136,228	-164,600
Valor esperado*	-197,170	-145,100

\* soma dos efeitos da guar e do amido

Para a gravidade específica (g/ml), também foi observado a existência de interação, já que o valor do efeito (0,008 g/ml) foi bem menor do que o valor esperado (0,030 g/ml). A interação amido - goma não alterou a gravidade específica (g/ml) de modo significativo, indicando que a retenção de bolhas de ar praticamente não foi alterada.

Na diferença de cor foi observada uma forte interação entre amido - guar, com a interação contribuindo para a redução da diferença de cor, ou seja, a cor dos bolos produzidos com guar - amido foram a mais próximas à do padrão. Os bolos produzidos com a mistura guar - amido, não apresentaram qualidade superior ao padrão e a interação apresentou efeito negativo.

Quanto às variáveis relacionadas à textura, dureza (g) e fraturabilidade (g), as médias obtidas foram elevadas, enquanto que a interação amido - goma guar teve uma contribuição menor para a redução destas variáveis que a do amido analisado sem a goma guar. Para a dureza, o amido teve um efeito de -261,398 (g), indicando uma forte contribuição para a redução da dureza. Para a fraturabilidade, o amido teve um efeito de -231,900 (g), mostrando que também para esta variável, o amido contribuiu para a sua redução. Os valores da interação para estas variáveis foram -136,228 (g) e -164,600 (g), respectivamente. Embora os efeitos da interação amido - guar tenham sido negativos para as duas variáveis, ainda foram menores que o efeito do amido e, portanto, o desempenho da interação amido - guar é inferior ao desempenho do amido, no que se refere à melhora da textura.

### 2.3 EFEITO DA ADIÇÃO DA MISTURA AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO – GOMA XANTANA – GOMA GUAR NAS CARACTERÍSTICAS DOS BOLOS

A Tabela 18 mostra o efeito das misturas contendo diferentes concentrações de amido e de gomas, xantana e guar, no volume específico do bolo (ml/g), gravidade específica da massa (g/ml), diferença de cor e qualidade do bolo. A influência destas misturas nos parâmetros de textura, definidos pela dureza (g) e fraturabilidade (g), pode ser observada na Tabela 19.

A mistura amido – goma xantana – goma guar provocou em geral uma redução nos volumes específicos (ml/g) e aumentos das gravidades específicas (g/ml). O maior volume específico (ml/g) foi obtido com a mistura de 0,25% de xantana e 0,75% de amido. Os bolos elaborados com 0,25% de xantana e 0,75% de amido e com somente 0,75% de amido tiveram os mesmos pontos do bolo padrão. Os demais bolos tiveram redução na qualidade.

Para os parâmetros de textura, dureza (g) e fraturabilidade (g), os valores mais próximos ao padrão foram obtidos com as misturas de 0,25% de goma xantana e 0,75% de amido ou 0,25% de goma xantana e 1,00% de amido. As misturas com 0,25% de goma guar e 0,75% de amido e 0,25% de goma guar, 0,25% de goma xantana e 0,75% de amido resultaram em valores muito mais elevados que o padrão.

Os resultados das Tabelas 18 e 20 foram utilizados para o cálculo estatístico dos efeitos das variáveis amido, gomas guar e xantana e da interação amido – goma xantana – goma guar nas variáveis volume específico do bolo (ml/g), gravidade específica da massa (g/ml), diferença

de cor do bolo, qualidade do bolo, dureza (g) e fraturabilidade (g). Os efeitos são mostrados nas Tabelas 21 e 22.

Os dados da Tabela 21, mostram que a interação amido – goma xantana – goma guar teve um efeito de 0.08 ml/g no volume específico, que é o mesmo valor do efeito da goma guar. Esses resultados mostram que os efeitos observados, principalmente com goma xantana, podem ser mascarados pela adição de goma guar.

Para a gravidade específica (g/ml), a interação amido – goma xantana – goma guar teve um efeito positivo baixo, para a elevação da gravidade.

Para a diferença de cor, o valor médio encontrado foi mais baixo que nos experimentos anteriores e a redução desta diferença foi ocasionada pelas variáveis e pela interação de segunda ordem entre a xantana e o amido, sendo que a interação amido – goma xantana – goma guar tem um efeito positivo, isto é acentua a diferença de cor.

Quanto à qualidade, a interação não provocou melhora, pois seu efeito foi negativo.

Para a dureza (g) e a fraturabilidade (g), os efeitos da interação amido – goma xantana – goma guar foram insignificantes.

Tabela 18 – Efeito da adição das misturas de amido de milho ceroso pré gelatinizado – goma xantana – goma guar nas características dos bolos.

Teste	Volume específico (ml/g)	Gravidade específica (g/ml)	Diferença de cor	Qualidade (pontos)
Bolo padrão	1,94 ± 0,02	0,98 ± 0,01	-	56,00
1 - 0,00% xantana + 0,00% guar + 0,75% amido MCPG	1,97 ± 0,02	0,98 ± 0,02	0,79	56,00
2 - 0,25% xantana + 0,00% guar + 0,75% amido MCPG	2,07 ± 0,01	1,04 ± 0,03	2,89	56,00
3 - 0,00% xantana + 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	1,98 ± 0,05	1,03 ± 0,02	0,89	46,00
4 - 0,25% xantana + 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	1,97 ± 0,03	1,06 ± 0,02	3,45	52,00
5 - 0,00% xantana + 0,00% guar + 1,00% amido MCPG	1,98 ± 0,01	1,03 ± 0,03	0,89	50,00
6 - 0,25% xantana + 0,00% guar + 1,00% amido MCPG	1,88 ± 0,08	1,03 ± 0,02	3,01	52,00
7 - 0,00% xantana + 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	1,77 ± 0,04	1,00 ± 0,03	2,31	50,00
8 - 0,25% xantana + 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	1,84 ± 0,03	1,10 ± 0,05	1,46	46,00

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

\* os notas atribuídas para a obtenção dessa pontuação estão detalhadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade

<b>Teste</b>	<b>Uniformidade Das Células</b>	<b>Tamanho das células</b>	<b>Espessura das paredes</b>	<b>Miolo</b>	<b>Sabor</b>	<b>Total</b>
Bolo padrão	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00
1 – 0,00% xantana + 0,00% guar + 0,75% amido	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00
2 - 0,25% xantana + 0,00% guar + 0,75% amido	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	56,00
3 - 0,00% xantana + 0,25% guar + 0,75% amido	6,00	8,00	6,00	16,00	10,00	46,00
4 - 0,25% xantana + 0,25% guar + 0,75% amido	6,00	10,00	10,00	16,00	10,00	52,00
5 - 0,00% xantana + 0,00% guar + 1,00% amido	6,00	8,00	10,00	16,00	10,00	50,00
6 - 0,25% xantana + 0,00% guar + 1,00% amido	6,00	10,00	10,00	16,00	10,00	52,00
7 - 0,00% xantana + 0,25% guar + 1,00% amido	6,00	8,00	10,00	16,00	10,00	50,00
8 - 0,25% xantana + 0,25% guar + 1,00% amido	6,00	8,00	6,00	16,00	10,00	46,00

Tabela 20 - Perfil da textura para diferentes misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e goma guar em bolos.

Testes	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Bolo padrão	430,700 ± 18,99	493,000 ± 19,21
1 - 0,00% xantana + 0,00% guar + 0,75% amido MCPG	693,060 ± 32,20	607,821 ± 28,96
2 - 0,25% xantana + 0,00% guar + 0,75% amido MCPG	515,900 ± 21,00	556,350 ± 23,10
3 - 0,00% xantana + 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	915,770 ± 51,38	922,000 ± 54,50
4 - 0,25% xantana + 0,25% guar + 0,75% amido MCPG	891,450 ± 49,92	938,700 ± 57,40
5 - 0,00% xantana + 0,00% guar + 1,00% amido MCPG	750,200 ± 35,80	650,345 ± 27,30
6 - 0,25% xantana + 0,00% guar + 1,00% amido MCPG	477,300 ± 20,98	510,900 ± 22,52
7 - 0,00% xantana + 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	790,600 ± 39,95	854,700 ± 47,89
8 - 0,25% xantana + 0,25% guar + 1,00% amido MCPG	663,700 ± 30,19	745,570 ± 37,85

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 21 – Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido, goma xantana e goma guar e da interação amido – xantana - guar nos parâmetros: volume específico, gravidade específica, diferença de cor e qualidade do bolo.

Variável	Parâmetros			
	Volume específico do bolo (ml/g)	Gravidade específica da massa (g/ml)	Diferença de cor	Qualidade do bolo (pontos)
Média	1,93	1,04	1,96	51,00
Xantana	-0,03	-0,11	-1,49	-1,00
Guar	0,08	0,11	-0,13	5,00
Amido	-0,12	0,10	-0,09	-3,00
Interação amido - xantana	0,01	-0,72	-0,63	0,00
Interação xantana – guar	0,04	-0,40	0,85	2,00
Interação Guar – amido	0,05	0,07	0,20	-2,00
Interação xantana – guar - amido	0,08	0,03	0,44	-3,00

Tabela 22 – Efeito (estatisticamente calculado) das variáveis amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e goma guar e da interação amido – xantana - guar nos parâmetros dureza e fraturabilidade

Variável	Parâmetros	
	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Média	758,001	788,755
Xantana	241,826	201,750
Guar	-114,759	-152,975
Amido	7,911	65,075
Interação amido - xantana	166,216	155,535
Interação xantana – guar	141,086	184,365
Interação Guar – amido	184,371	195,290
Interação xantana – guar - amido	-1,710	-9,464

## 2.4 ESTUDO COMPARATIVO DO EFEITO DAS MISTURAS AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ GELATINIZADO – GOMA XANTANA, AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO - GOMA GUAR E AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO – GOMA XANTANA - GOMA GUAR EM BOLOS.

A Tabela 23 é uma síntese dos dados apresentados nas Tabelas 11, 12,16, 17, 21 e 22 e mostra as médias dos valores obtidos para volume específico do bolo (ml/g), gravidade específica da massa (g/ml), diferença de cor, qualidade do bolo (pontos), dureza (g) e fraturabilidade (g). Também são mostrados os efeitos das interações amido – xantana, amido – guar e amido – xantana – guar nestas mesmas variáveis.

A comparação entre os dados dos experimentos 1, 2 e 3, mostra que a goma xantana teve efeito positivo e superior no volume específico (ml/g) e na qualidade em relação àqueles apresentados pela mistura amido – goma guar.

A mistura amido – goma xantana, em decorrência dos resultados obtidos foi, então utilizada para os testes de substituição de gordura.

Realizou - se testes no farinógrafo e R.V.A com a mistura de farinha de trigo e goma xantana e amido nas mesmas concentrações do experimento 1. Para certificar -se da existência de interação entre estes compostos.

Tabela 23 - Comparação dos dados dos experimentos 1, 2 e 3.

<b>Variável</b>	<b>Experimento 1 xantana + amido</b>	<b>Experimento 2 guar + amido</b>	<b>Experimento 3 xantana + guar + amido</b>
Volume específico (ml/g)	Média: 1,995 efeito: 0,110	média: 1,895 efeito: 0,110	média: 1,923 efeito: 0,080
Gravidade específica (g/ml)	Média: 1,054 efeito: 0,012	média: 1,022 efeito: 0,008	média: 1,042 efeito: 0,030
Fraturabilidade (g)	Média: 594,275 Efeito: -156,750	Média: 931,750 Efeito: -164,600	Média: 788,755 Efeito: -9,464
Dureza (g)	média: 569,750 efeito: -95,000	média: 885,229 efeito: -136,228	média: 758,001 efeito: -1,710
Diferença de cor	média: 3,755 efeito: 0,500	média: 1,830 efeito: -0,470	média: 1,961 efeito: 0,445
Qualidade (pontos)	média: 54,000 efeito: 4,000	média: 49,000 efeito: -2,000	média: 51,000 efeito: -3,000

### 3. ENSAIO II: EFEITO DA MISTURA AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO - GOMA XANTANA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA.

#### 3.1 PROPRIEDADES DE MISTURA

As propriedades de mistura foram avaliadas através do farinógrafo. Para esse estudo foram utilizadas apenas as misturas amido – xantana, que entre todas as misturas testadas, produziram os melhores resultados em relação à qualidade do bolo.

As concentrações de amido adicionadas à farinha de trigo foram 0,75 e 1,00% e de goma xantana 0,25 e 0,50%. A Tabela 24 mostra os parâmetros farinográficos encontrados para as várias misturas estudadas.

A análise dos farinogramas indica que a adição de goma xantana provocou aumento na absorção de água, em relação a farinha de trigo sem aditivos. O aumento da absorção de água foi maior para as misturas de farinha com xantana do que para as misturas de farinha com amido, apesar este ter sido aplicado em maior quantidade. No entanto, a porcentagem de água absorvida foi bem maior quando se adicionou à farinha goma xantana juntamente com amido. A presença de goma xantana também resultou em um aumento no tempo de desenvolvimento. Quanto mais alta a concentração da goma, maior o tempo de desenvolvimento.

Quanto à estabilidade, ocorre um aumento com a adição da goma xantana. Quanto maior a porcentagem de goma adicionada, maior o aumento da estabilidade. O amido também provocou aumentos na estabilidade, porém menores do que os aumentos verificados para a goma xantana.

Tabela 24 - Resultados da análise dos farinogramas

Amostra	Absorção (%)	Tempo de chegada (min.)	Tempo de desenvolvimento (min.)	Estabi - Lidade (U.F.)	Tempo de saída (min.)	Índice de tolerância mecânica (U.F.)
1-) farinha + 0,25% xantana +0,75% amido	62,80	1,0	11,0	17,5	18,5	40,0
2-) farinha + 0,25% xantana	60,40	1,5	9,0	13,5	15,0	30,0
3-) farinha + 0,75% amido	60,00	1,0	2,0	7,0	8,0	50,0
4-) farinha + 0,50% xantana +0,75% amido *	64,00	1,0	16,0	>20,0	>20	-
5-) farinha + 0,50% xantana *	61,80	1,0	17,0	>20,0	>20,0	-
6-) farinha + 0,25% xantana +1,00% amido	63,80	0,5	11,5	18,5	19,0	20,0
7-) farinha + 1,00% amido	61,00	0,5	2,0	14,0	14,5	30,0
8-) farinha + 0,50% xantana +1,00% amido *	64,60	1,0	11,0	>20,0	>20,0	-
9-) farinha	58,50	0,5	1,0	5,5	6,0	45,0

\* até o tempo normal utilizado nos farinogramas (20 min.) as curvas não haviam saído da linha das 500 U. F., portanto, não foi possível calcular a estabilidade, o tempo de saída e o índice de tolerância.

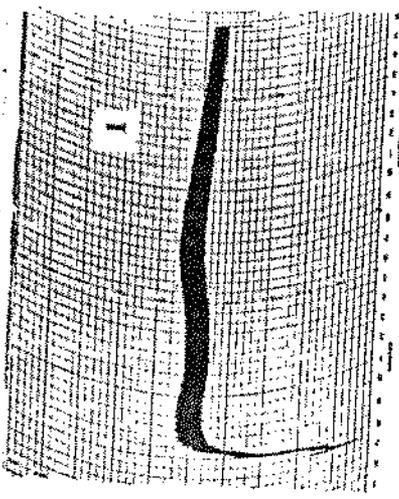


Figura 16 - Farinograma da mistura de farinha, 0,25% de xantana e 0,75% de amido

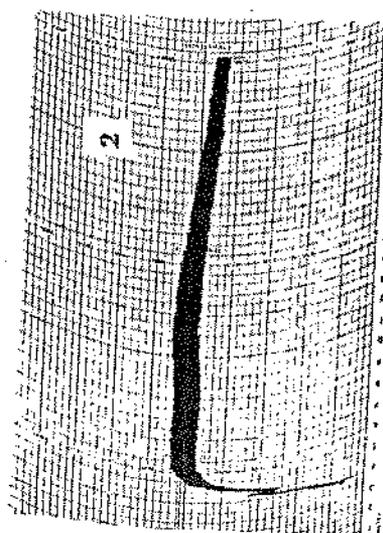


Figura 17 - Farinograma da mistura de farinha e 0,25% de xantana

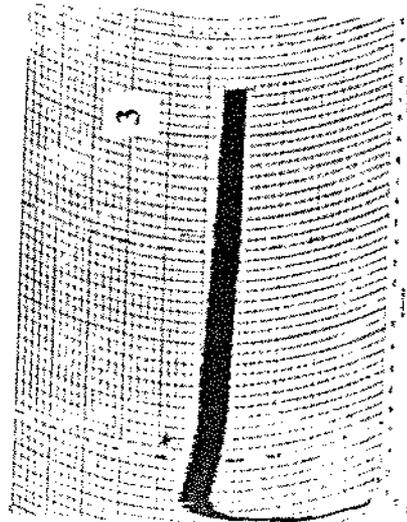


Figura 18 - Farinograma da mistura de farinha e 0,75% de amido

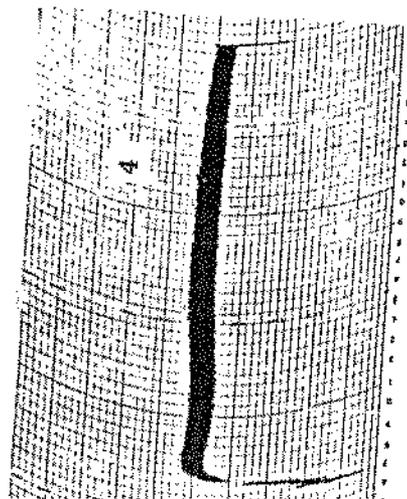


Figura 19 - Farinograma da mistura de farinha, 0,50% de xantana e 0,75% de amido

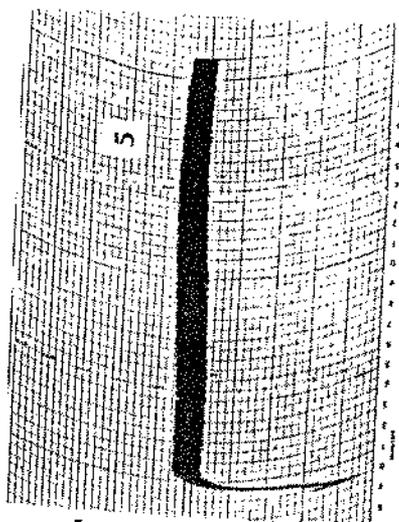


Figura 20 - Farinograma da mistura de farinha e 0,50% de xantana

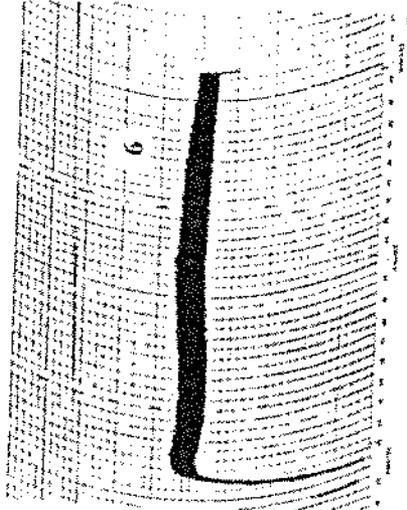


Figura 21 - Farinograma da mistura de farinha, 0,25% de xantana e 1,00% de amido

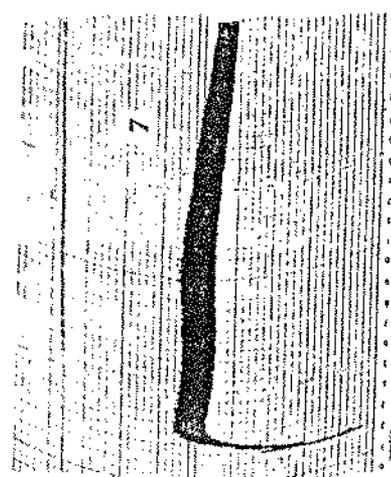


Figura 22 - Farinograma da mistura de farinha e 1,00% de amido

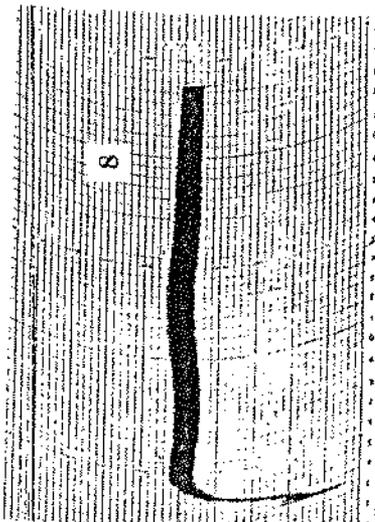


Figura 23 - Farinograma da mistura de farinha, 0,50% de xantana e 1,00% de amido

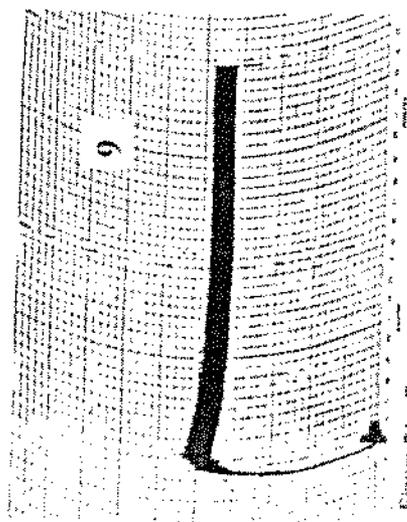


Figura 24 - Farinograma da farinha

A mistura de goma xantana e amido ocasionou maior aumento de estabilidade em relação à goma e amido isoladamente.

Os resultados farinográficos sugerem uma interação entre amido e goma xantana que fortalece a estrutura da massa.

As figuras 16 a 24 representam as curvas farinográficas das diversas concentrações de amido, xantana e das misturas amido – xantana.

### 3.2 PROPRIEDADES DE PASTA

As propriedades da pasta foram avaliadas através do Rapid Visco Analyser (R.V.A). Para esse estudo foram utilizadas as misturas amido – xantana, nas concentrações de 0,75 e 1,00% e 0,25 e 1,00%, respectivamente. A Tabela 25 mostra os resultados obtidos. As figuras 25,26, 27 e 28 mostram os perfis das curvas obtidas no RVA com as várias misturas de amido e goma xantana.

Os resultados da Tabela 25, mostram que a adição de goma xantana à farinha provocou pequenos aumentos do pico de viscosidade, na medida da elevação da concentração de goma xantana. No entanto, a adição de amido nas porcentagens usadas ocasionou aumentos maiores dos picos de viscosidade em relação aos níveis de xantana usados.

A adição de amido juntamente com a goma xantana, resultou em um aumento maior do pico de viscosidade, comparado aos picos resultantes da adição de amido e goma isoladamente, provavelmente devido à interação entre o amido e a goma. O maior pico observado foi para a mistura de 0,50% de goma xantana e 1,00% de amido, que foram as maiores concentrações utilizadas.

Tabela 25 – Dados de viscosidade obtidos com R.V.A.

Amostra	Pico de viscosidade (cP)	Quebra (cP)	Viscosidade final (cP)	Viscosidade a 50°C (cP)	Viscosidade máxima (min)	Temperatura de pasta (° C)
1-) farinha + 0,25% xantana +0,75% amido	605,00	218,00	827,00	440,00	5,12	50,30
2-) farinha + 0,25% xantana	579,00	222,00	797,00	423,00	4,92	50,25
3-) farinha + 0,75% amido	601,00	214,00	823,00	436,00	5,12	49,95
4-) farinha + 0,50% xantana +0,75% amido	615,00	228,00	827,00	440,00	5,18	50,10
5-) farinha + 0,50% xantana	588,00	221,00	807,00	430,00	5,12	49,95
6-) farinha + 0,25% xantana +1,00% amido	621,00	233,00	837,00	449,00	5,18	50,00
7-) farinha + 1,00% amido	607,00	217,00	837,00	447,00	5,02	50,05
8-) farinha + 0,50% xantana +1,00% amido	646,00	244,00	854,00	452,00	5,21	50,00
9-) farinha	570,00	207,00	794,00	444,00	5,02	49,80

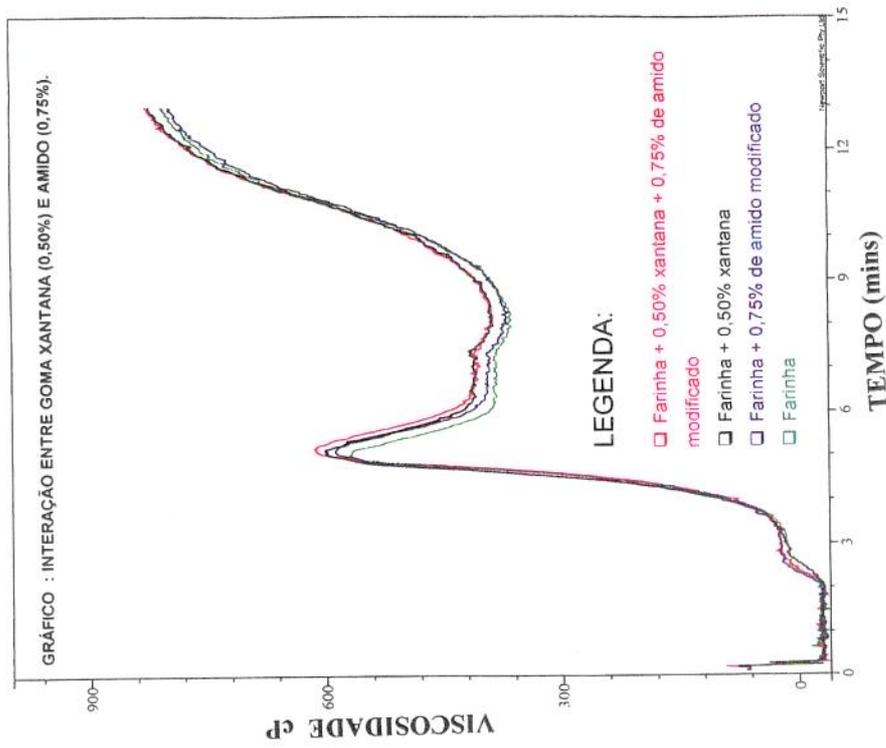


Figura 26 – Efeito da mistura de 0,50% de goma xantana e/ou 0,75% de amido na curva obtida no RVA.

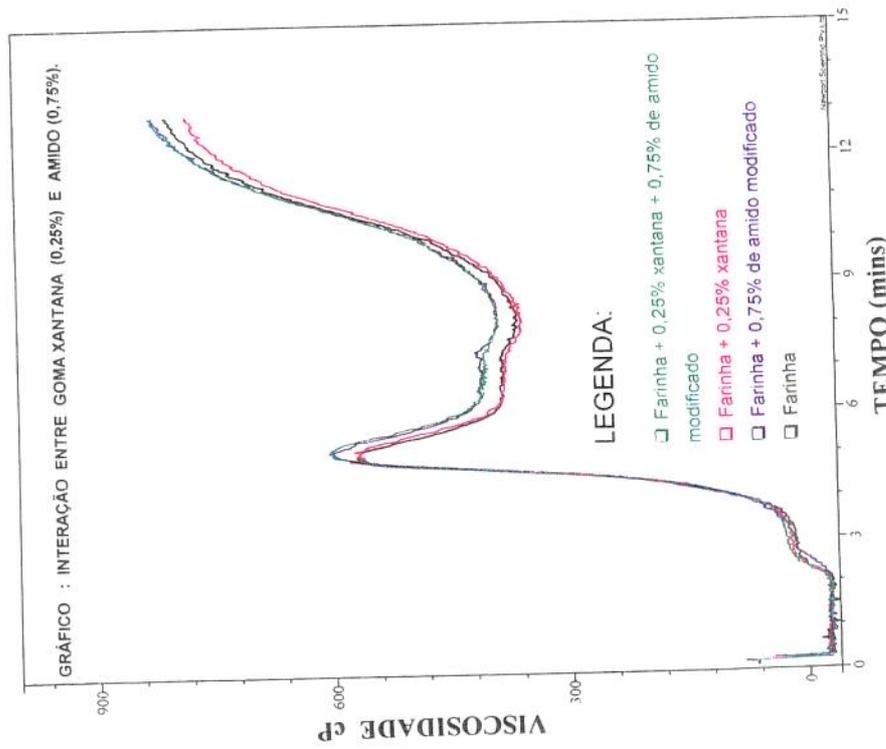


Figura 25 – Efeito da mistura de 0,25% de goma xantana e/ou 0,75% de amido na curva obtida no RVA.

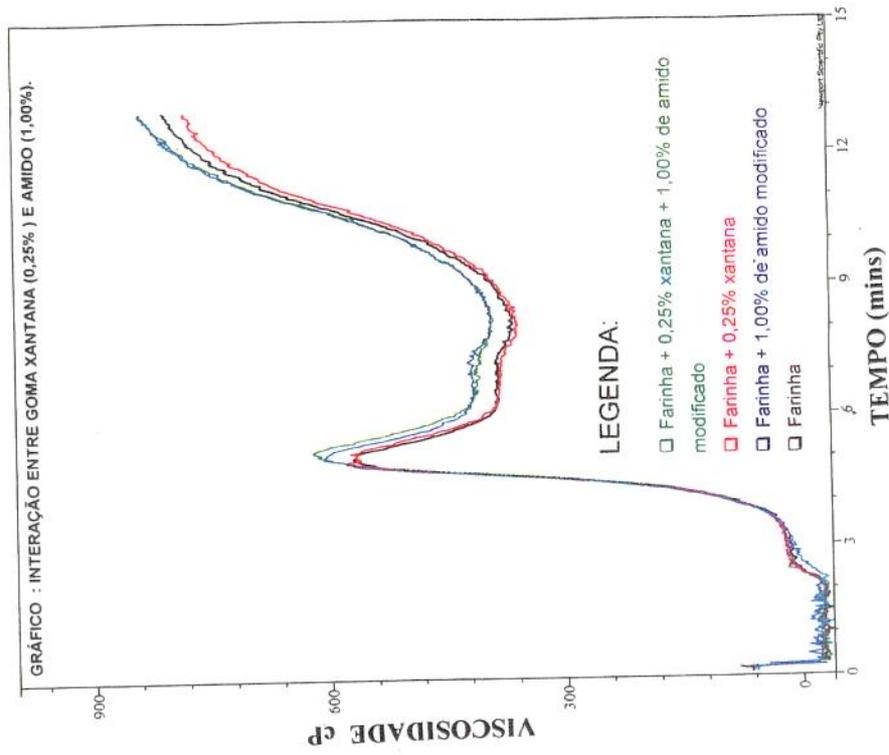


Figura 28 – Efeito da mistura de 0,25% de goma xantana e/ou 1,00% de amido na curva obtida no RVA.

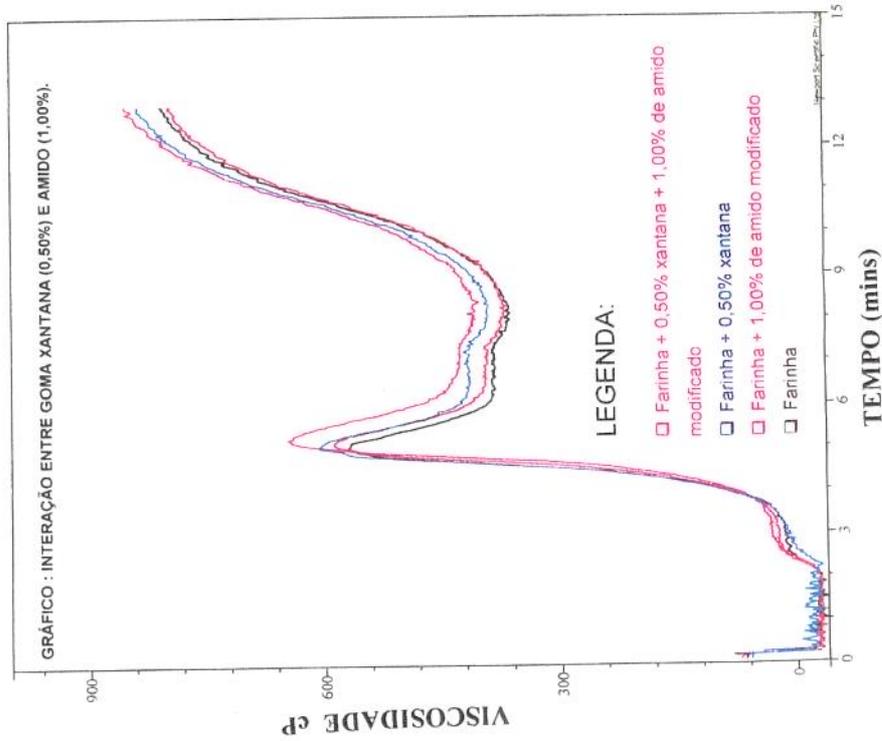


Figura 27 – Efeito da mistura de 0,50% de goma xantana e/ou 1,00% de amido na curva obtida no RVA.

A adição individual ou de misturas de amido e goma xantana e desses compostos individualmente aumentou a quebra, indicando que estes compostos diminuem a resistência dos grânulos gelatinizados à ação mecânica.

A adição de amido e goma xantana não provocou grandes mudanças na temperatura de pasta observada para a farinha.

#### **4. EFEITO DA MISTURA DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO E GOMA XANTANA NA SUBSTITUIÇÃO DA GORDURA EM BOLOS.**

Com base nos resultados dos experimentos anteriores, onde foi verificado que adição de misturas de amido – xantana melhora a qualidade dos bolos, foi realizado o experimento para a substituição da gordura, utilizando como variáveis independentes o amido, a goma xantana e a gordura e como respostas o volume específico (ml/g), a gravidade específica (g/ml), a diferença de cor, a dureza (g) e a fraturabilidade (g). Os resultados desse experimento apresentados nas Tabelas 26 e 27, foram analisados através da metodologia de superfície de resposta. Para facilitar essa análise foram consideradas apenas os bolos que tiveram qualidade mínima de 92,00 pontos (Tabela 28). Com base nesse limite foram determinadas as faixas ótimas para o volume específico (ml/g), gravidade específica (g/ml), dureza (g), fraturabilidade (g) e diferença de cor (Tabela 29).

Tabela 26 - Efeito da adição de diferentes combinações de amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e gordura nas características de qualidade da massa e do bolo.

Teste	Volume específico (ml/g)	Gravidade específica (g/ml)	Diferença de cor
Bolo padrão	1,94	0,98	-
1 - 0,25% xantana - 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	2,04	1,15	1,87
2 - 0,50% xantana - 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	2,02	1,16	1,57
3 - 0,25% xantana - 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	2,00	1,18	2,27
4 - 0,50% xantana - 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	2,04	1,16	2,75
5 - 0,25% xantana - 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	2,06	1,02	1,26
6 - 0,50% xantana - 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	2,08	1,04	1,33
7 - 0,25% xantana - 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	2,10	1,04	1,37
8 - 0,50% xantana - 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	2,18	1,07	1,31
9 - 0,18% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	1,97	1,06	1,06
10 - 0,56% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	2,10	1,08	1,36
11 - 0,38% xantana - 0,70% amido MCPG - 20,60% gordura	2,05	1,10	1,47
12 - 0,38% xantana - 1,05% amido MCPG - 20,60% gordura	2,11	1,07	1,78
13 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 11,20% gordura	2,02	1,16	1,58
14 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 30,00% gordura	2,07	0,96	1,21
15 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	2,11	1,07	0,75
16 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	2,10	1,08	0,37

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 27 - Perfil da textura dos bolos contendo misturas de amido de milho ceroso pré - gelatinizado, goma xantana e gordura.

Teste	Dureza (g)	Fraturabilidade (g)
Bolo padrão	430,700	493,000
1 - 0,25% xantana - 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	700,000	750,922
2 - 0,50% xantana - 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	774,600	805,500
3 - 0,25% xantana - 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	786,000	846,400
4 - 0,50% xantana - 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	739,900	789,650
5 - 0,25% xantana - 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	585,606	634,605
6 - 0,50% xantana - 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	620,100	712,261
7 - 0,25% xantana - 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	571,748	594,455
8 - 0,50% xantana - 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	564,164	592,754
9 - 0,18% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	736,100	742,250
10 - 0,56% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	819,000	889,400
11 - 0,38% xantana - 0,70% amido MCPG - 20,60% gordura	704,100	754,100
12 - 0,38% xantana - 1,05% amido MCPG - 20,60% gordura	563,050	610,501
13 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 11,20% gordura	726,100	862,100
14 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 30,00% gordura	451,933	487,967
15 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	678,700	734,100
16 - 0,38% xantana - 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	687,750	743,100

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 28 – Notas de qualidade para os bolos com substituição de gordura

Teste	Nota
Bolo padrão	100,00
1 – 0,25% xantana – 0,75% amido MCPG -15,00% gordura	88,00
2 – 0,50% xantana – 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	68,00
3 – 0,25% xantana – 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	68,00
4 – 0,50% xantana – 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	88,00
5 – 0,25% xantana – 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	90,00
6 – 0,50% xantana – 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	86,00
7 – 0,25% xantana – 1,00% amido MCPG -26,20% gordura	90,00
8 – 0,50% xantana – 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	96,00
9 – 0,18% xantana – 0,88% amido MCPG -20,60% gordura	92,00
10 – 0,56% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	72,00
11 – 0,38% xantana – 0,70% amido MCPG - 20,60% gordura	90,00
12 – 0,38% xantana – 1,05% amido MCPG - 20,60% gordura	92,00
13 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG -11,20% gordura	90,00
14 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 30,00% gordura	100,00
15 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	100,00
16 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	100,00

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 29 – Notas atribuídas aos bolos para a avaliação subjetiva da qualidade

Teste	Uniformidade das células	Tamanho das células	Espessura das paredes Míolo	Umidade	Firmeza	Maciez	Cor do míolo	Sabor	Total
Bolo padrão	10	10	10	16	10	14	10	10	100
1 – 0,25% xantana – 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	6	10	10	16	6	12	8	10	88
2 – 0,50% xantana – 0,75% amido MCPG - 15,00% gordura	2	8	10	16	6	4	4	8	68
3 – 0,25% xantana – 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	2	8	10	16	6	4	4	8	68
4 – 0,50% xantana – 1,00% amido MCPG - 15,00% gordura	6	10	10	16	6	12	8	10	88
5 – 0,25% xantana – 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	6	8	10	16	10	12	8	10	90
6 – 0,50% xantana – 0,75% amido MCPG - 26,20% gordura	6	10	10	16	6	12	8	8	86
7 – 0,25% xantana – 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	6	8	10	16	10	12	8	10	90
8 – 0,50% xantana – 1,00% amido MCPG - 26,20% gordura	6	10	10	16	10	14	10	10	96
9 – 0,18% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	6	10	10	16	10	12	8	10	92
10 – 0,56% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	6	8	10	16	6	4	4	8	72
11 – 0,38% xantana – 0,70% amido MCPG - 20,60% gordura	6	8	10	16	10	12	8	10	90
12 – 0,38% xantana – 1,05% amido MCPG - 20,60% gordura	6	10	10	16	10	12	8	10	92
13 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 11,20% gordura	6	8	10	16	10	12	8	10	90
14 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 30,00% gordura	10	10	10	16	10	14	10	10	100
15 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	10	10	10	16	10	14	10	10	100
16 – 0,38% xantana – 0,88% amido MCPG - 20,60% gordura	10	10	10	16	10	14	10	10	100

MCPG = amido de milho ceroso pré - gelatinizado

Tabela 30 – Faixas ótimas para as variáveis dependentes

<b>Variável</b>	<b>Faixa ótima</b>
Volume específico	superior à 1,97
Gravidade específica	Inferior à 1,10
Diferença de cor	Valores próximos a 0
Dureza	430,700 – 736,100
Fraturabilidade	493,000 – 742,250

#### 4.1 EFEITO DA MISTURA DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO, GOMA XANTANA E GORDURA NO VOLUME ESPECÍFICO

A Tabela 31 mostra a análise de variância para o volume específico (ml/g). Pela ANOVA, o teste F nos mostrou que o modelo apresentou significância ao nível de 5% para o modelo de 2ª ordem. O modelo apresentou pequena falta de ajuste para 2ª ordem. Para 1ª ordem o modelo não apresentou significância ao nível de 5%. A falta de ajuste não foi significativa.

A comparação entre os testes F e a porcentagem de variância explicada, mostra que para a superfície de resposta o ajuste de 2ª ordem seria o mais adequado. Como o objetivo deste estudo é a substituição máxima do teor de gordura, a análise dos gráficos das variáveis dependentes, foi considerada apenas a região com menor porcentagem de gordura dentro da faixa ótima, determinada para cada variável dependente.

Para a análise das superfícies de respostas e linhas de contorno foram considerados os limites de amido e goma xantana testados, sendo -1,68 e 1,68 os limites inferiores e superiores (correspondem ao  $-\alpha$  e  $+\alpha$  do planejamento), embora as superfícies mostrem valores codificados de -2,00 a 2,00. Assim, para a xantana os limites foram 0,17% e 0,56%, para o amido 0,70% e 1,05% e para a gordura 11,20% a 30,00%.

A análise da superfície de resposta e linhas de contorno da xantana e gordura (Figuras 29 e 30), mostra que para qualquer concentração de xantana, o volume aumenta com o aumento da concentração de gordura, porém este efeito é melhor observado na maior concentração de xantana. Este comportamento foi observado para concentrações de gordura até

26,20%. Para qualquer concentração de gordura, foi observado que o volume aumenta com o aumento da concentração de xantana até 0,50%, após o qual ocorreu uma ligeira queda no valor do volume.

Considerando os volumes específicos superiores a 1,97ml/g, as faixas de concentrações de xantana e gordura que atingiram esses valores foram de 0,17% a 0,54% e de 12,22% a 30,00%, respectivamente. Para as variáveis gordura e amido (Figura 31 e 32), foi verificado que para a faixa de concentração de gordura de 17,82% a 31,80%, ocorreu um aumento do volume com o aumento da concentração de amido. Para a faixa de concentração gordura entre 9,42% a 15,00% ocorreu um aumento do volume com o aumento da concentração de amido até 1,00%. Acima dessa concentração de amido, começou ocorrer uma queda no volume específico. Para atingir o volume específico de 1,97 ml/g, a faixa ótima determinada foi de 12,22% a 30,00% de gordura e 0,70% a 1,05% de amido.

Para as variáveis xantana e amido, as Figuras 33 e 34 mostram que para uma concentração fixa de amido, o volume específico aumenta com o aumento da concentração de xantana, para valores até 0,50%. Para concentrações de xantana superiores a este valor, o volume começou decrescer. Os valores de volume superiores a 1,97ml/g foram obtidos com as faixas de concentrações de 0,17% a 0,56% e 0,70% a 1,05% para a xantana e amido, respectivamente.

A região onde as respostas tiveram os melhores resultados, foi encontrada através da intersecção das faixas ótimas das Figuras 30, 32 e 34. Na região determinada, as faixas encontradas foram 0,17% a 0,54%, 0,70% a 1,05% e 12,22% a 30,00% para xantana, amido e gordura, respectivamente. A porcentagem de 12,22% de gordura corresponde a uma substituição de 59,27% e a de 30,00% seria o bolo sem nenhuma substituição de gordura.

Tabela 31 - Análise de variância da variável dependente volume

Fonte de Variação	Soma quadrática		Graus de liberdade		Média Quadrática		Teste F	
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> ordem	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
	ordem	ordem	ordem	ordem	ordem		ordem	ordem
Regressão	0,0170	0,0389	3	9	0,0057	0,0043	3,5654	5,6699
Resíduos	0,0111	0,0053	7	7	0,0016	0,0008		
Falta de Ajuste	0,0107	0,0049	5	5	0,0021	0,0010	9,4417	4,3156
Erro Puro	0,0005	0,0005	2	2	0,0002	0,0002		
Total	0,282	0,0443	10	16				

% DE VARIANCIA EXPLICADA:

1<sup>a</sup> ordem = 60.4434 2<sup>a</sup> ordem = 87.9370

% MÁXIMA DE VARIANCIA EXPLICÁVEL:

1<sup>a</sup> ordem = 98.4434 2<sup>a</sup> ordem = 98.9768

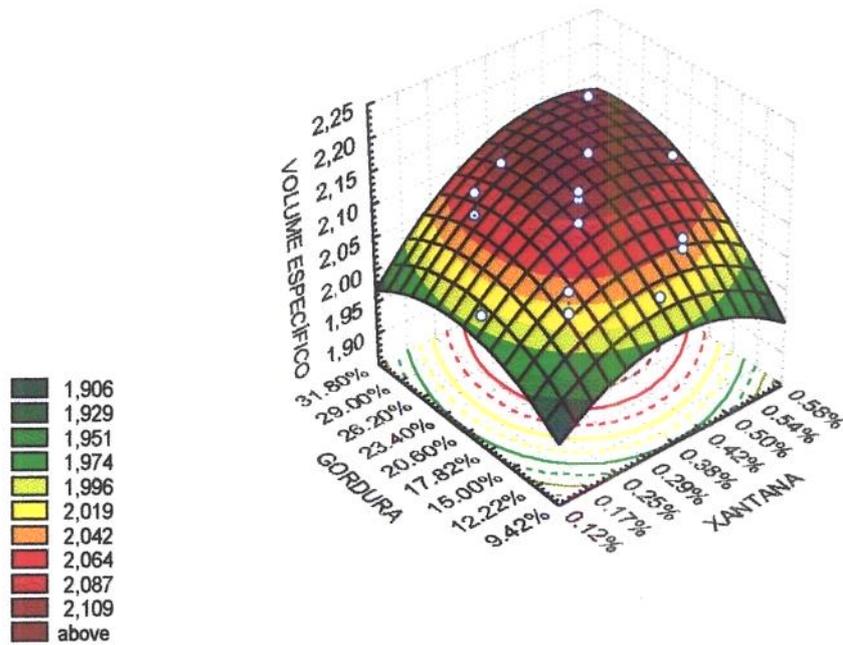


Figura 29 - Superfície de resposta relacionando volume específico com as variáveis xantana e gordura

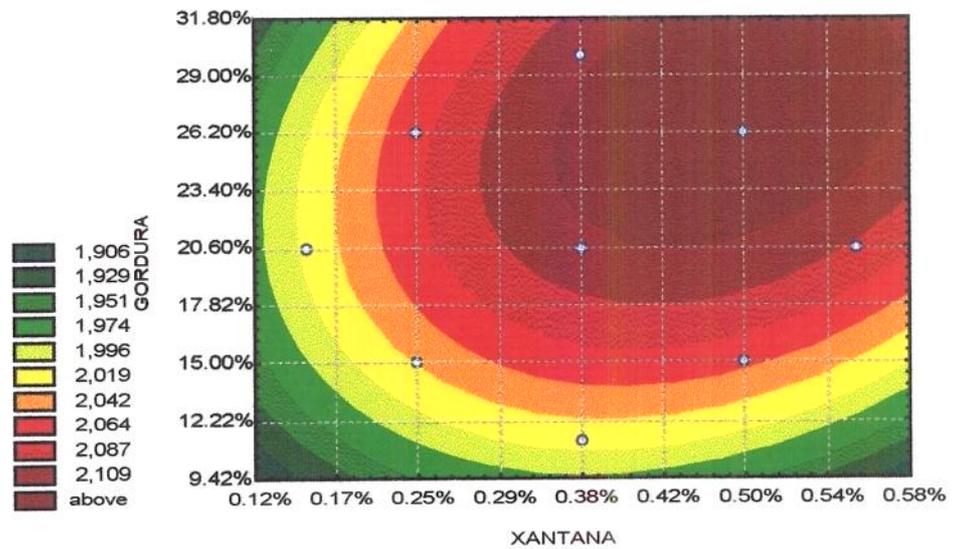


Figura 30 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando volume específico com as variáveis xantana e gordura

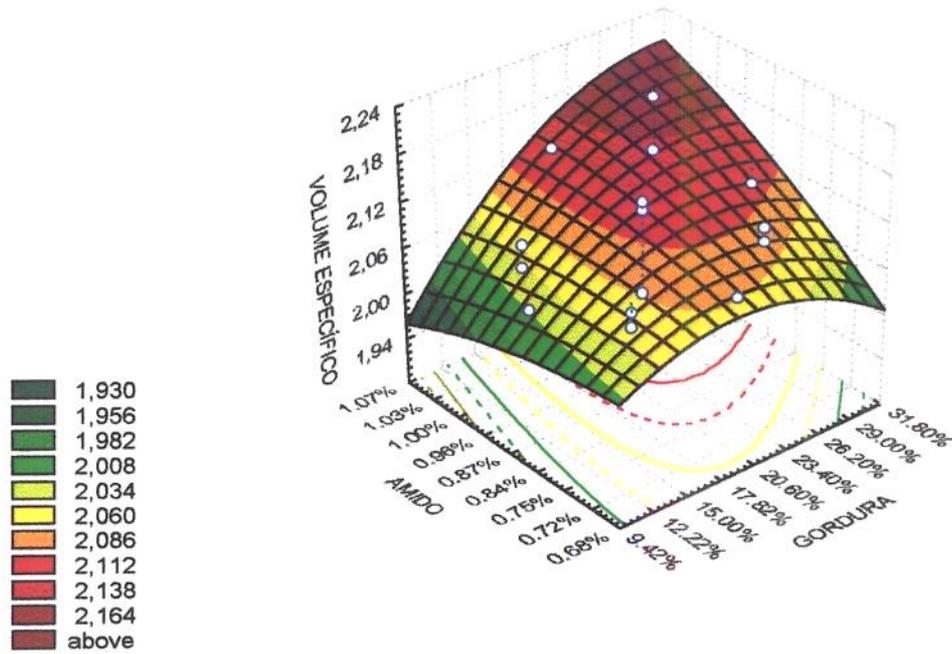


Figura 31 - Superfície de resposta relacionando volume específico com as variáveis gordura e amido

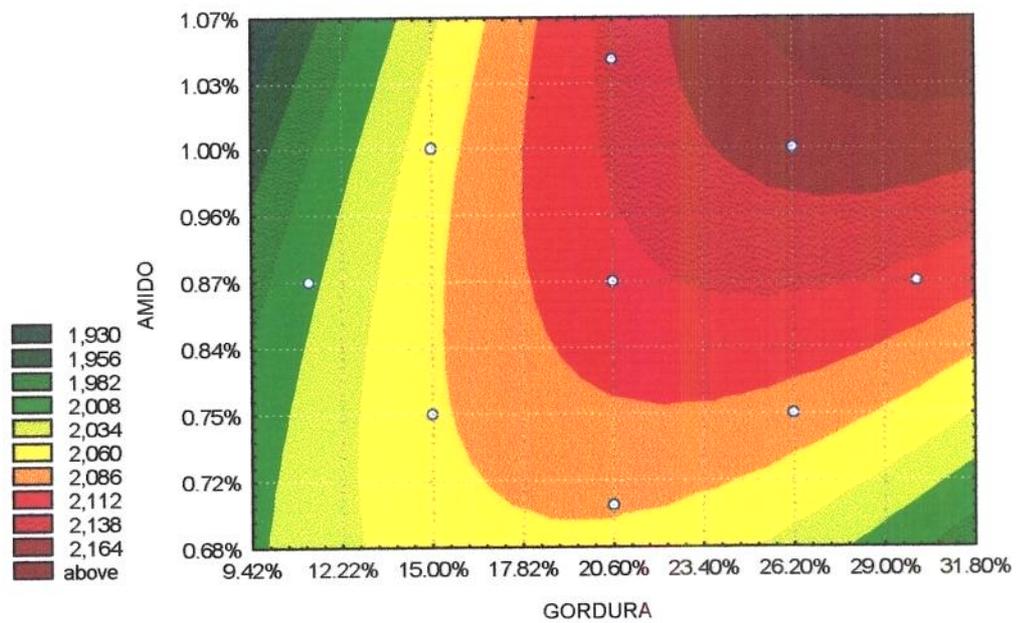


Figura 32 – Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando volume específico com as variáveis gordura e amido

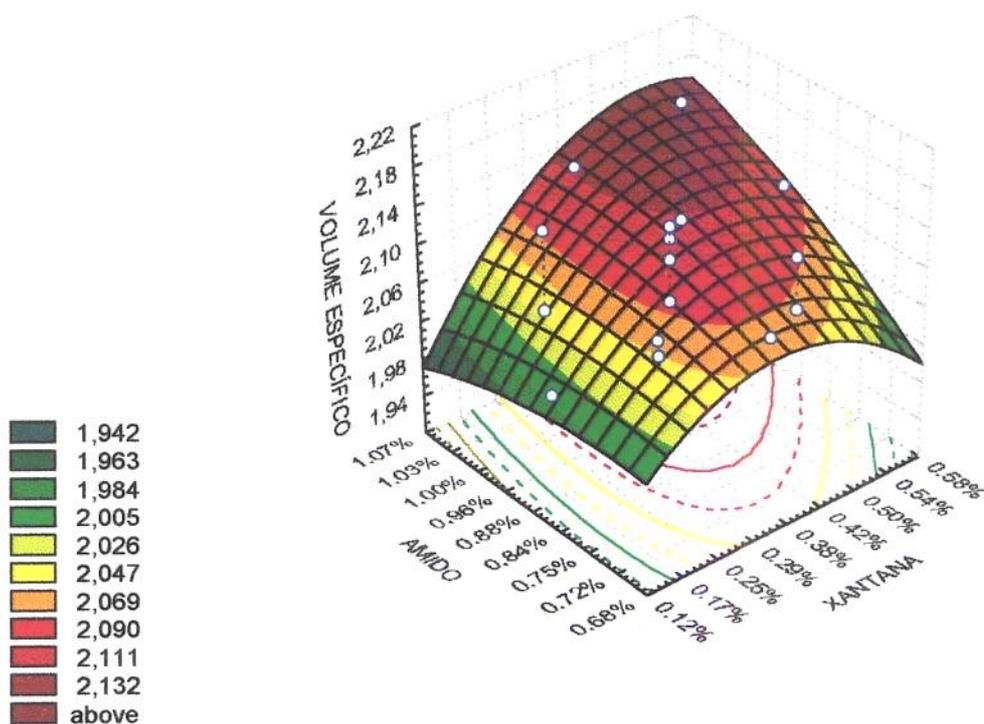


Figura 33 - Superfície de resposta relacionando volume específico com as variáveis xantana e amido

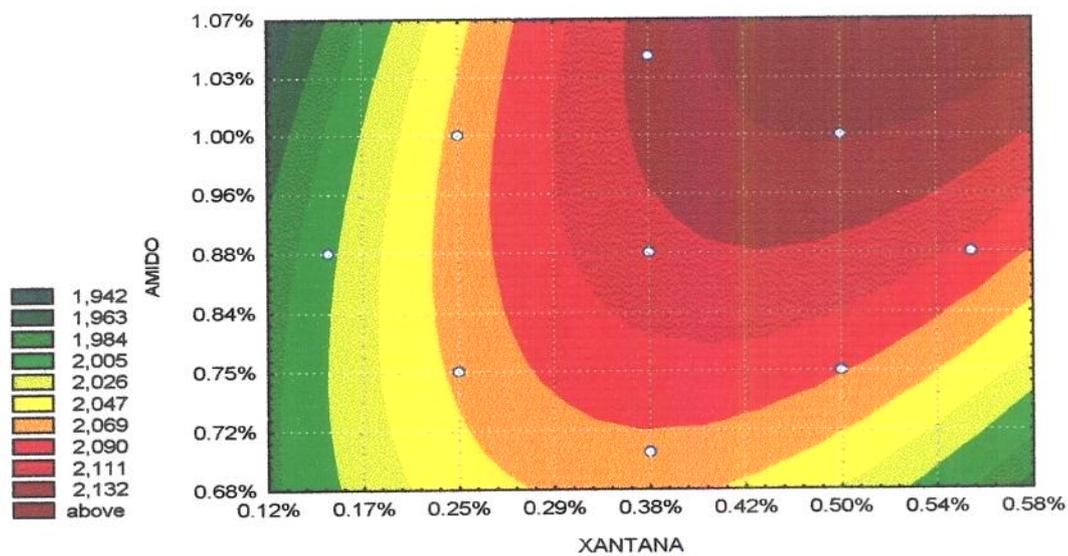


Figura 34 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando volume específico com as variáveis xantana e amido

## 4.2 EFEITO DA MISTURA AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO, GOMA XANTANA E GORDURA NA GRAVIDADE ESPECÍFICA

Os resultados da Tabela 32 mostram que o modelo apresentou significância ao nível de 5% tanto na forma linear como na forma quadrática. Na forma linear, o F calculado foi 24,28 e o tabelado foi 4,35, com o F calculado sendo 5,58 vezes maior que o tabelado, demonstrando, assim, que a forma linear é altamente significativa ao nível de 5%. A falta de ajuste na forma linear não foi significativa. Para a forma quadrática, o F calculado foi 9,04 e o tabelado foi 3,68. Embora o teste F seja significativo tanto na forma linear quanto na forma quadrática, o valor calculado na forma linear foi superior ao F da forma quadrática. Na forma quadrática a falta de ajuste foi maior que na forma linear.

Os valores da porcentagem de variância explicada das formas linear e quadrática foram bem próximos (linear = 91,23 e quadrática = 92,07) e, assim, foi decidido considerar para o traçado da superfície de resposta o ajuste de 1ª ordem.

Pelas linhas de contorno da gravidade específica (g/ml) em função das variáveis xantana e gordura (Figura 35), foi observado que para uma concentração fixa de xantana, a gravidade específica decresceu com o aumento da concentração de gordura. Para obter o valor pré - estabelecido, que foi inferior a 1,10 g/ml, as faixas de xantana e gordura foram respectivamente 0,24% a 0,38% e 20,60% a 27,26%.

Nas linhas de contorno em função do amido e gordura (Figura 38), foi verificado que a gravidade específica (g/ml) diminuiu com o aumento da gordura, para uma concentração fixa de amido. Para a obtenção de valores

Tabela 32 - Análise de variância da variável dependente gravidade específica

Fonte de Variação	Soma quadrática		Graus de Liberdade		Média Quadrática		Teste F	
	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem
Regressão	0,0285	0,0499	3	9	0,0095	0,0055	24,2775	9,0366
Resíduos	0,0027	0,0043	7	7	0,0004	0,0006		
Falta de Ajuste	0,0026	0,0042	5	5	0,0005	0,0080	7,6391	12,1958
Erro Puro	0,0001	0,0001	2	2	0,0001	0,0001		
Total	0,313	0,0542	10	16				

% DE VARIANCIA EXPLICADA:

1ª ordem = 91,2316 2ª ordem = 92,0751

% MÁXIMA DE VARIANCIA EXPLICÁVEL:

1ª ordem = 99,5637 2ª ordem = 99,7483

de gravidade inferiores a 1,10 g/ml, a faixa ótima de concentração foi de 20,60% a 27,26% para a gordura e 0,74% a 0,95% para o amido.

Para a superfície de resposta e linhas de contorno da gravidade específica (g/ml) em função do amido e xantana (Figuras 39 e 40), foi observado que a uma concentração fixa de amido, a gravidade específica aumentou com o aumento da concentração de xantana. Como todos os valores obtidos foram inferiores a 1,10 g/ml, toda a faixa foi considerada.

Interseccionando as faixas ótimas das figuras 36, 38 e 40, foram estabelecidas as faixas de: 0,24% a 0,38% para xantana, 0,74% a 0,95% para o amido e 20,60% a 27,26% para a gordura; que correspondem a substituições de gordura de 31,33% e 9,13%, respectivamente.

#### 4.3 EFEITO DA COMBINAÇÃO AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO, GOMA XANTANA E GORDURA NA DUREZA

A Tabela 33 mostra que, tanto a forma linear quanto a forma quadrática apresentaram significância ao nível de 5,00%. Para a forma linear, o F calculado foi 19,25 e o tabelado de 4,35. Para a forma quadrática o F calculado foi 15,80 e o F tabelado de 3,68. A forma linear e a quadrática também apresentaram falta de ajuste, sendo que para a forma linear a falta de ajuste calculada foi de 43,38 e a tabelada é 19,30. Para a forma quadrática, o valor da falta de ajuste calculado foi 46,46 e o tabelado foi 19,30. Como os valores de F encontrados para a forma linear e quadrática foram muito próximos, foi necessária a avaliação da porcentagem de variância explicada para concluir qual a melhor forma de ajuste (linear ou quadrática) para traçar a superfície de resposta. Na forma linear a porcentagem de variância explicada foi 89,19% e na quadrática foi 95,31%. A forma quadrática foi, assim, considerada mais adequada para traçar a superfície de resposta.

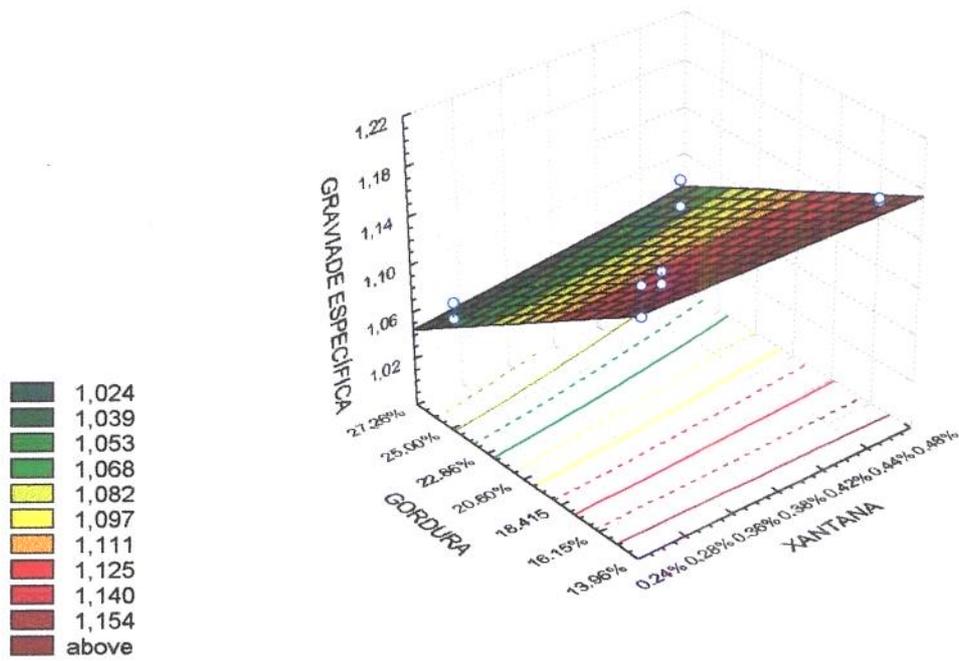


Figura 35 - Superfície de resposta relacionado gravidade específica com as variáveis xantana e gordura

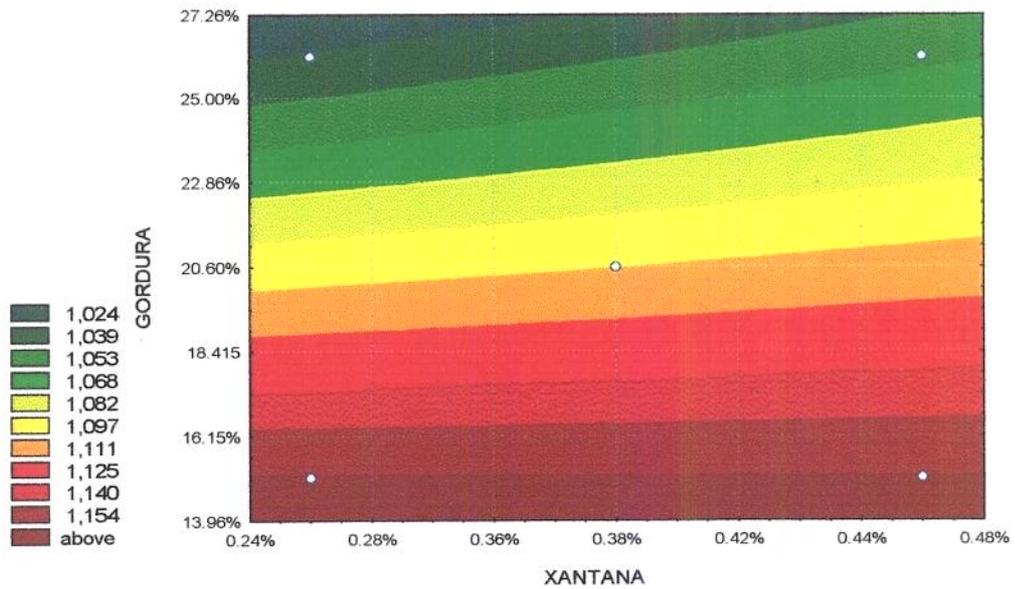


Figura 36 - Linha de contorno da superfície de resposta relacionando gravidade específica com as variáveis xantana e gordura

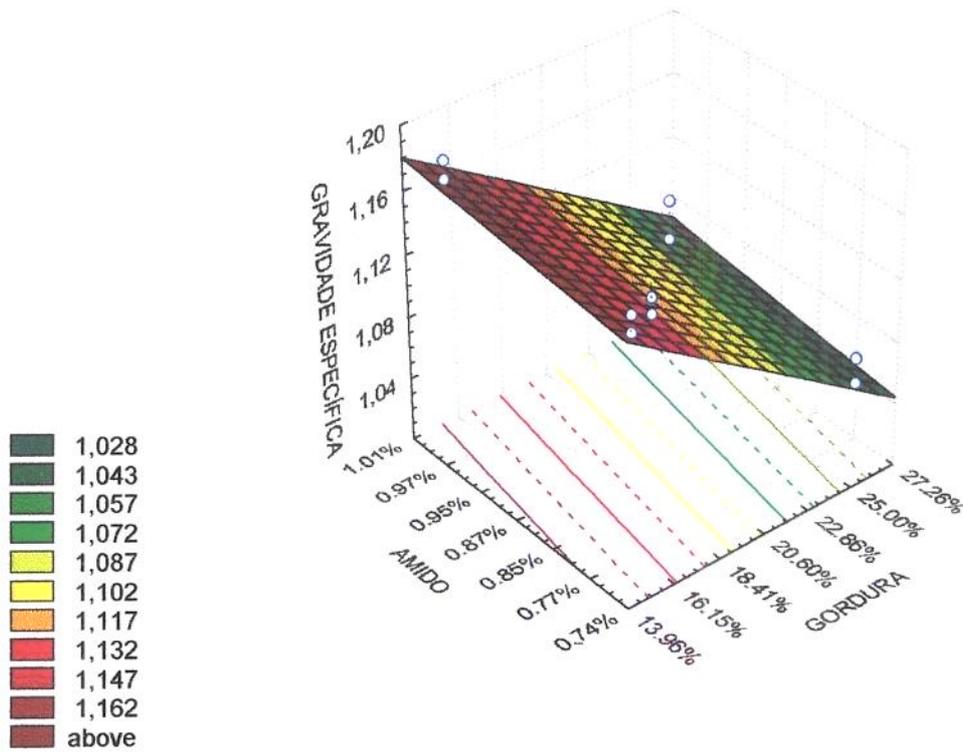


Figura 37 - Superfície de resposta relacionando gravidade específica com as variáveis amido e gordura

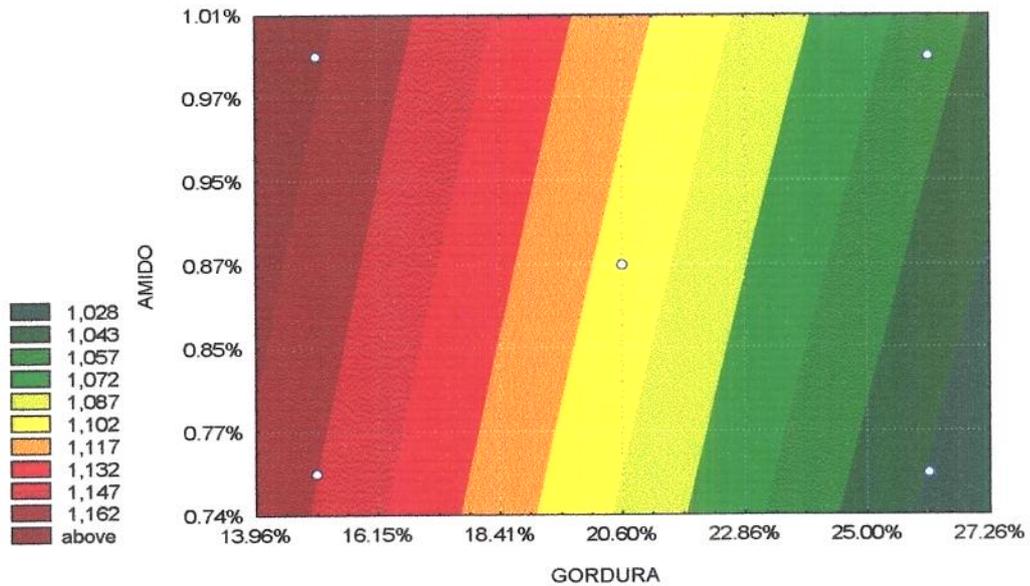


Figura 38 - Linha de contorno da superfície de resposta relacionado gravidade específica com as variáveis amido e gordura

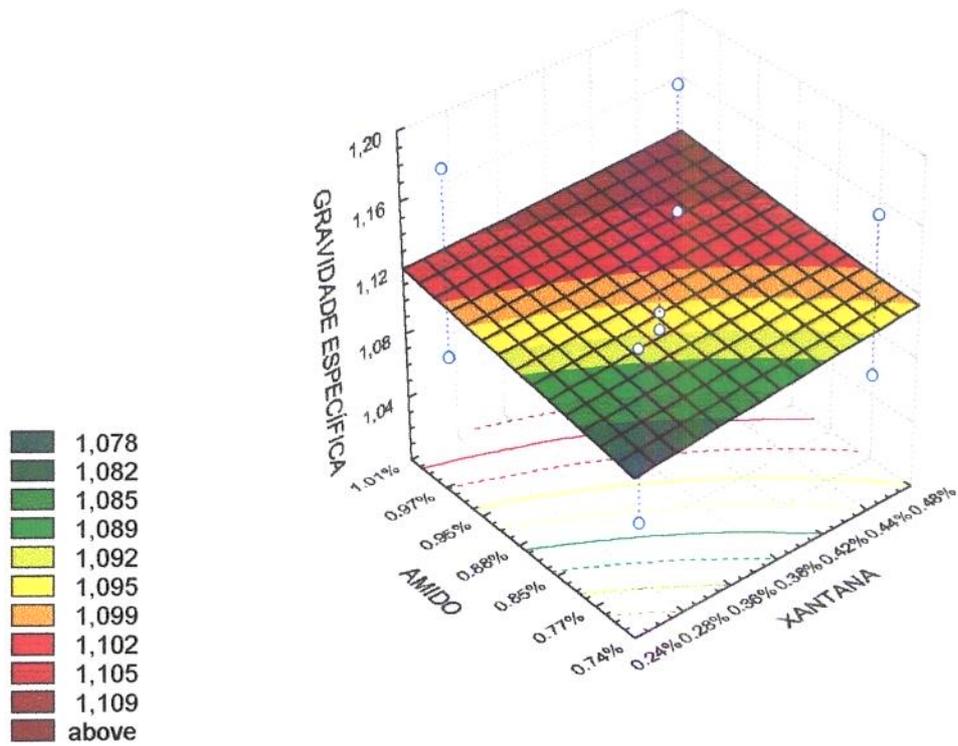


Figura 39 - Superfície de resposta relacionando gravidade específica com as variáveis xantana e amido

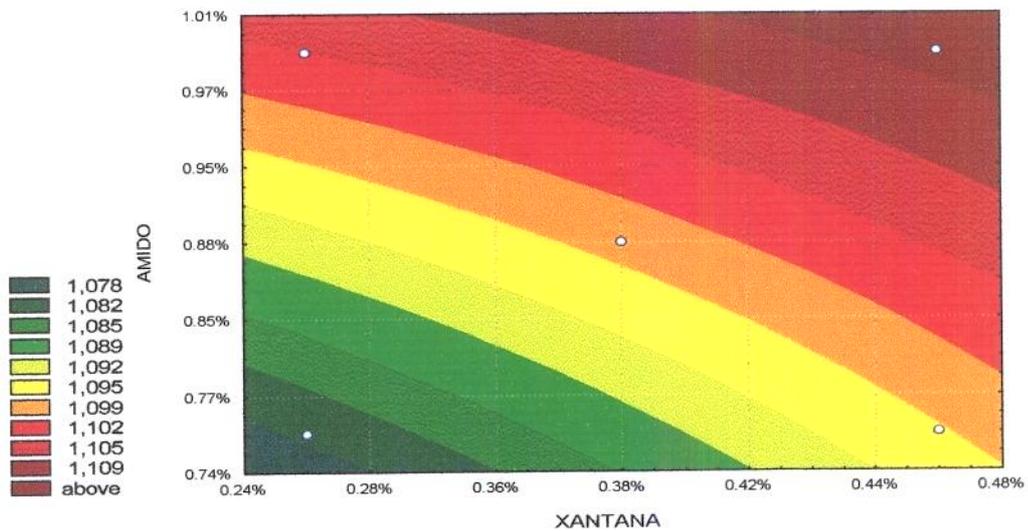


Figura 40 - Linha de contorno da superfície de resposta relacionando gravidade específica com as variáveis xantana e amido

---

A análise da superfície de resposta e linhas de contorno em função das concentrações de xantana e amido (Figuras 41 e 42), mostrou que, independente da concentração de xantana, a dureza (g) sofreu uma redução com o aumento da concentração de gordura. A faixa ótima foi obtida com a concentração de xantana de 0,25 a 0,42% e gordura de 20,60 a 30,00%, considerando – se a faixa ótima de dureza pré – estabelecida de 430,700 – 743,100 (Tabela 29)

As linhas de contorno (Figura 44), mostram que a dureza (g) sofreu uma redução com o aumento da concentração de gordura, independente da concentração de amido utilizada. A concentração de amido que abrangeu os valores desejados de dureza foi 0,70 a 1,05% e gordura de 11,20 a 30,00%.

As linhas de contorno da Figura 46 relacionam a dureza (g) em função da xantana e amido. Para uma concentração fixa de amido, a dureza sofreu redução para valores de xantana de 0,25% a 0,38%. Conforme esses valores foram sendo aumentados, de 0,38% a 0,56% de xantana, a dureza sofreu uma elevação. A melhor faixa de xantana foi 0,25% a 0,42% e de amido 0,70% a 1,05%.

Com a sobreposição das figuras 42, 44 e 46, a faixa de concentração ótima determinada foi de 0,25 a 0,38% para a xantana, 0,70 a 1,05% para o amido e 20,60 a 30,00% para a gordura.

Tabela 33 - Análise de variância da variável dependente dureza

Fonte de variação	Soma quadrática		Graus de liberdade		Média Quadrática		Teste F	
	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem
Regressão	54691,52	*****	3	9	18230,51	16018,10	19,25	15,80
Resíduos	6629,66	7095,81	7	7	947,09	1013,69		
Falta de Ajuste	6569,08	7035,24	5	5	1313,81	1407,05	43,38	46,46
Erro Puro	60,57	60,57	2	2	30,28	30,28		
Total	61321,2	0,0542	10	16				

% DE VARIANCIA EXPLICADA:

1ª ordem = 89,1886 2ª ordem = 99,9012

% MÁXIMA DE VARIANCIA EXPLICÁVEL:

1ª ordem = 95,3088 2ª ordem = 99,9600

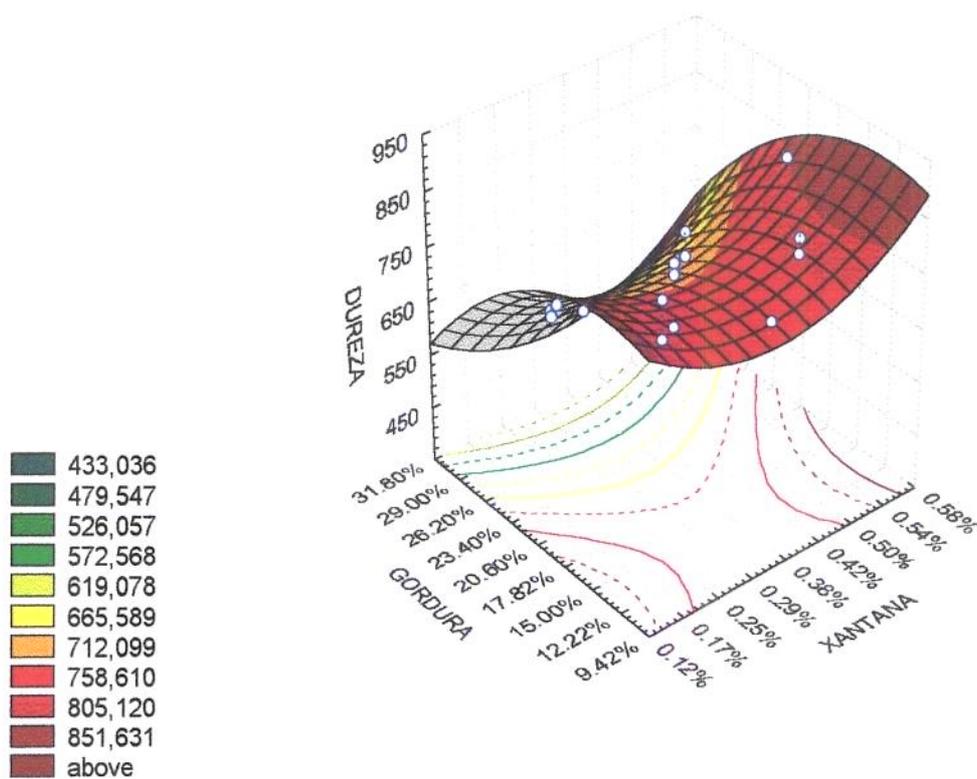


Figura 41 - Superfície de resposta relacionando dureza com as variáveis xantana e gordura

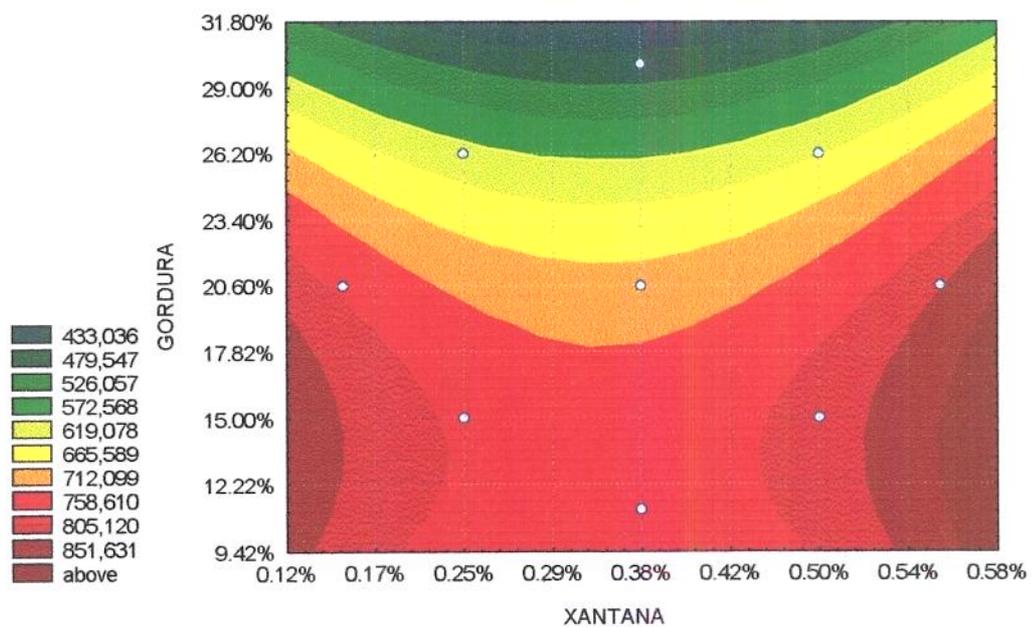


Figura 42 - Linha de contorno da superfície de resposta relacionando dureza com as variáveis xantana e gordura

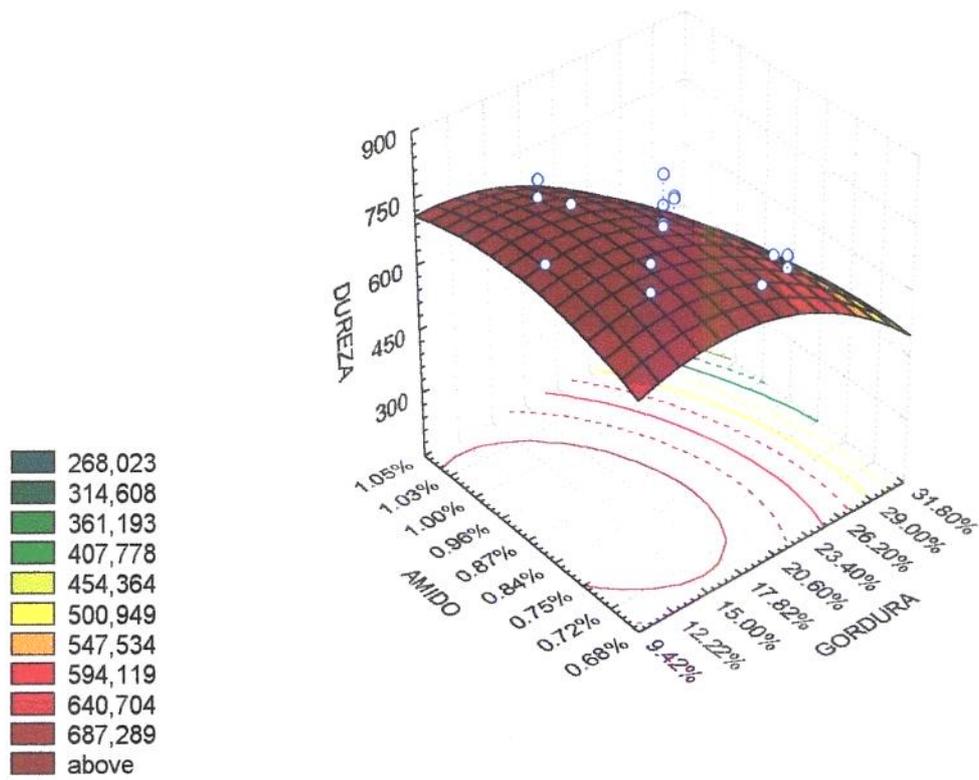


Figura 43 - Superfície de resposta relacionando dureza com as variáveis gordura e amido

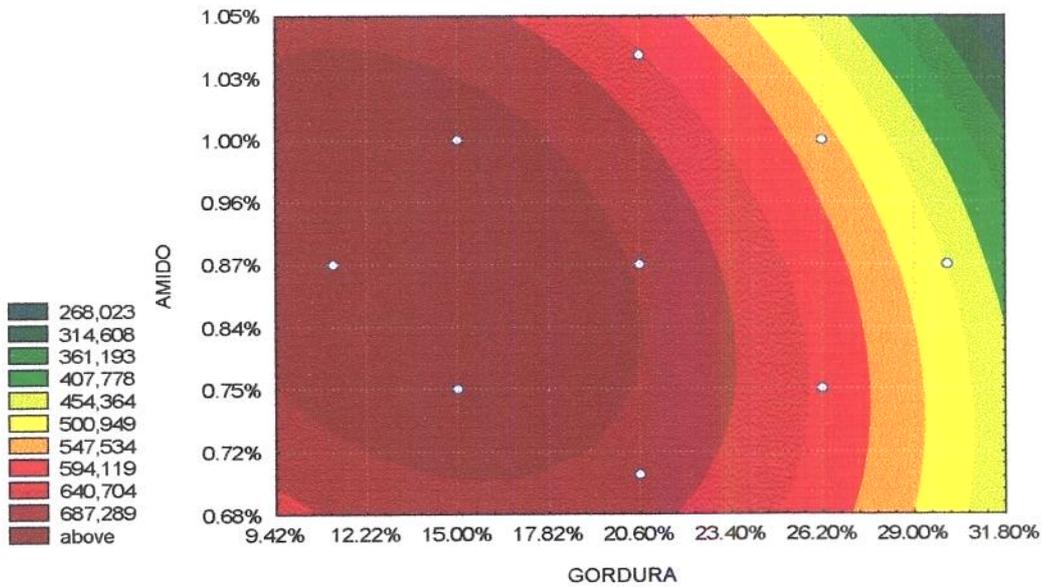


Figura 44 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando dureza com as variáveis gordura e amido

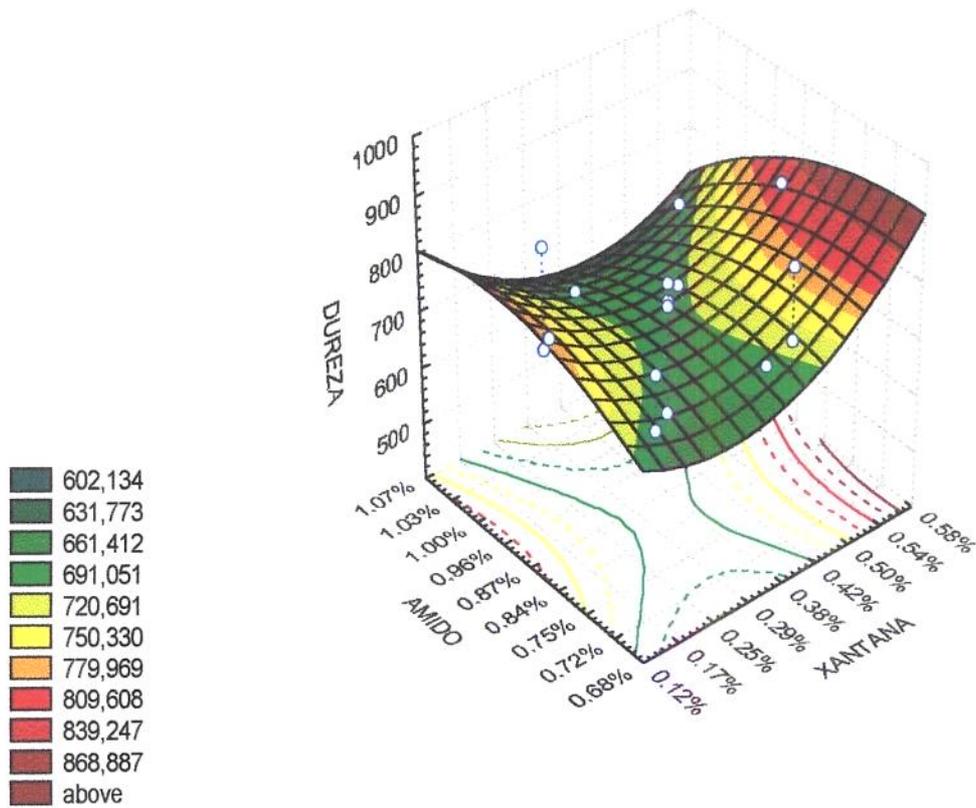


Figura 45 - Superfície de resposta relacionando dureza com as variáveis xantana e amido

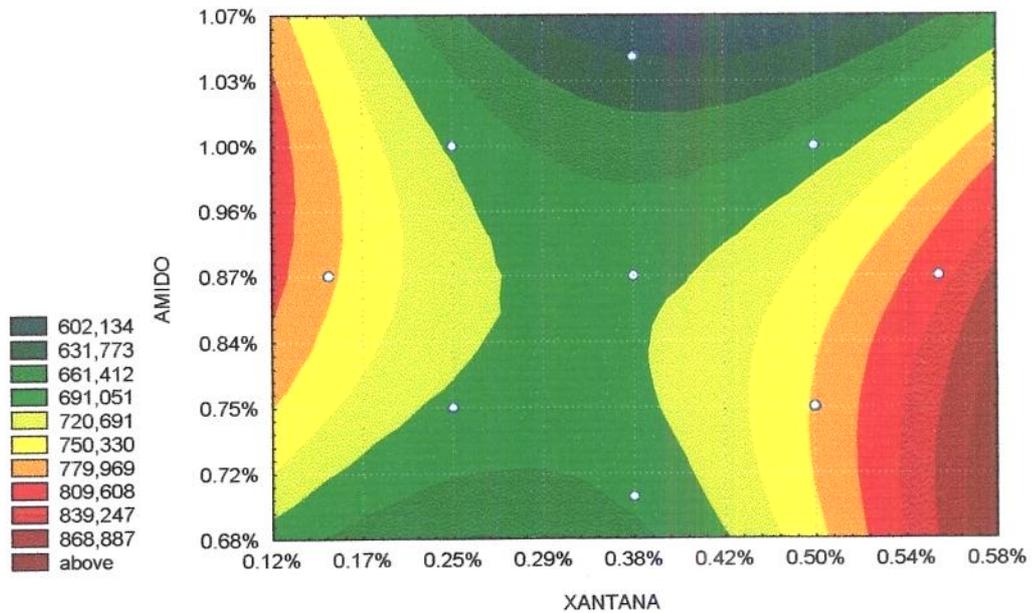


Figura 46 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando dureza com as variáveis xantana e amido

#### 4.4 EFEITO DA MISTURA DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO, GOMA XANTANA E GORDURA NA FRATURABILIDADE

A análise estatística dos dados da fraturabilidade (g) podem ser observados na Tabela 34. Foi verificado que os resultados do teste F foram significativos ao nível de 5,00% tanto para a forma linear, quanto para a forma quadrática, visto que na forma linear o F calculado foi 9,27 e o tabelado foi 4,35. Para a forma quadrática o F calculado foi 12,82 e o tabelado foi 3,68. A falta de ajuste foi significativa nas duas formas; na forma linear o F calculado para falta de ajuste foi 85,87 e o tabelado é 19,30 e na forma quadrática o F calculado foi 65,13 e o tabelado foi 19,30. Ao nível de 5,00% de variância explicada a forma linear foi 79,90% e a forma quadrática 94,28%. A forma quadrática foi assim, considerada a mais adequada para o traçado da superfície de resposta.

Nas linhas de contorno da fraturabilidade (g) em função da concentração xantana e gordura (Figura 48), foi observado que para uma concentração fixa de xantana, a fraturabilidade (g) sofreu redução com o aumento do teor de gordura. A faixa ótima de fraturabilidade (493,000g – 742,500g) foi atingida para concentrações de xantana entre 0,25% a 0,38% e de 20,60% a 30,00% de gordura.

Nas linhas de contorno da fraturabilidade (g) em função do amido e gordura (Figura 50), foi observado que para qualquer concentração de amido, a fraturabilidade sofreu redução com o aumento da concentração de gordura. A faixa ótima de fraturabilidade (g) foi atingida com concentrações de 0,68% a 0,74% de amido e 20,60% a 30,00% de gordura.

Para as linhas de contorno da fraturabilidade (g) em função das concentrações de xantana e amido (Figura 39), a faixa estabelecida foi de 0,18% a 0,32% de xantana e 0,68% a 0,74% de amido.

Tabela 34 - Análise de variância da variável dependente fraturabilidade

fonte de variação	Soma Quadrática		Graus de liberdade		Média quadrática		Teste F	
	1 <sup>a</sup> ordem	2 <sup>a</sup> ordem						
Regressão	55668,12	*****	3	9	18556,04	19478,91	9,27	12,82
Resíduos	14003,79	10636,17	7	7	2000,54	1519,45		
Falte de ajuste	13938,87	10571,25	5	5	2787,77	2114,25	85,87	65,13
Erro Puro	64,93	64,93	2	2	32,46	32,46		
Total	69671,91	*****	10	16				

% DE VARIANCIA EXPLICADA:

1<sup>a</sup> ordem = 79,004    2<sup>a</sup> ordem = 94,2800

% MÁXIMA DE VARIANCIA EXPLICÁVEL:

1<sup>a</sup> ordem = 99,9068    2<sup>a</sup> ordem = 99,9651

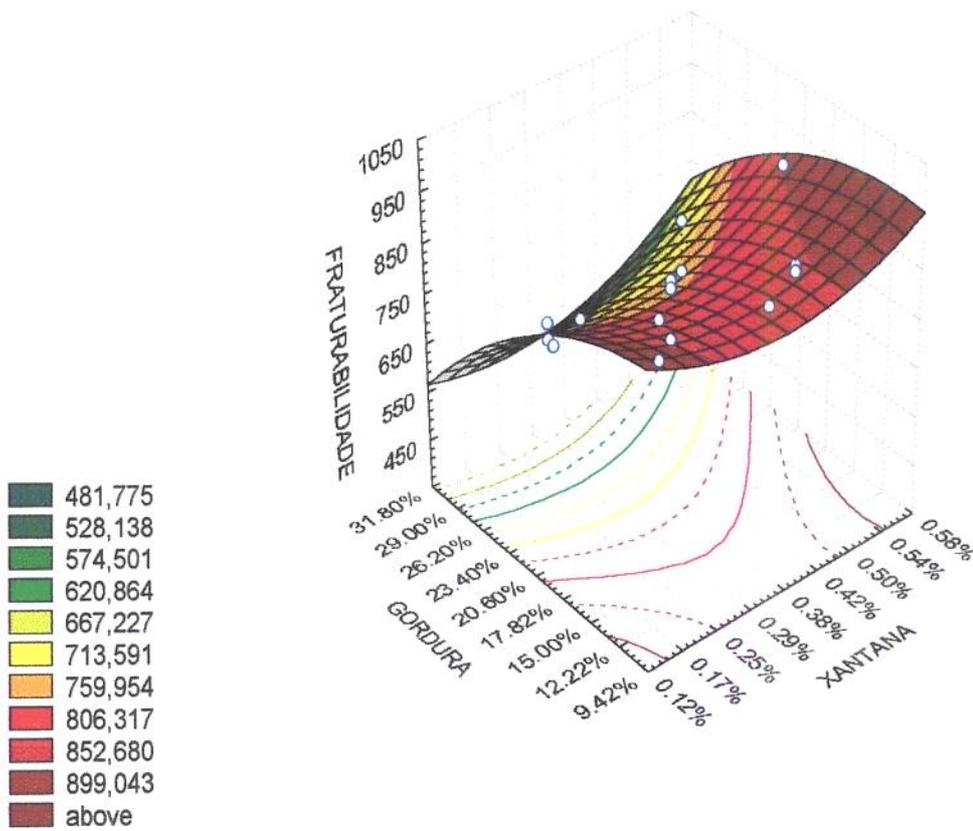


Figura 47 - Superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis xantana e gordura

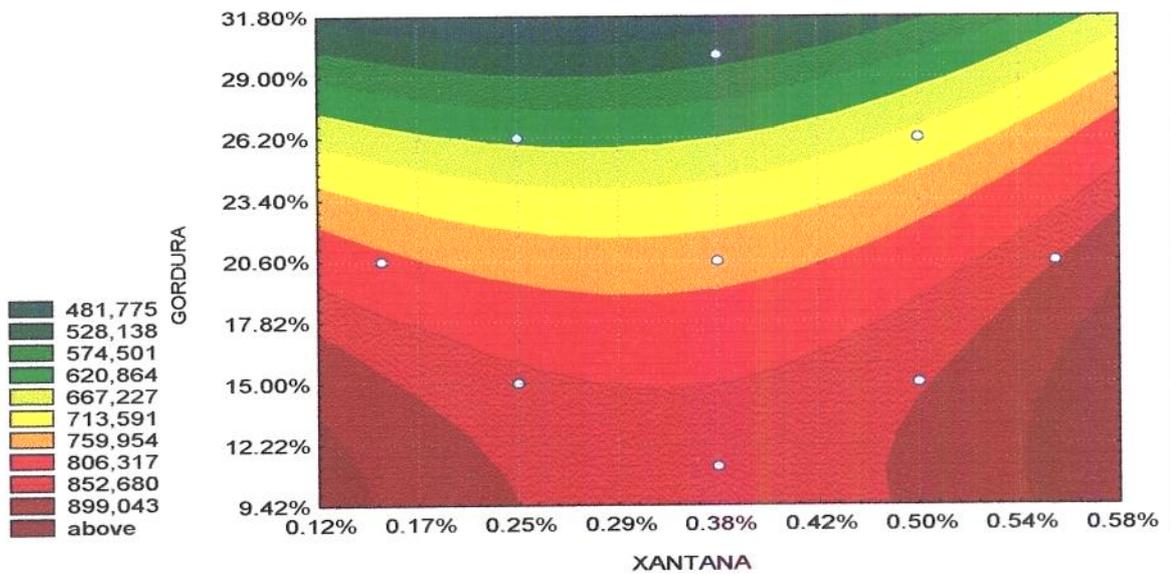


Figura 48 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis xantana e gordura

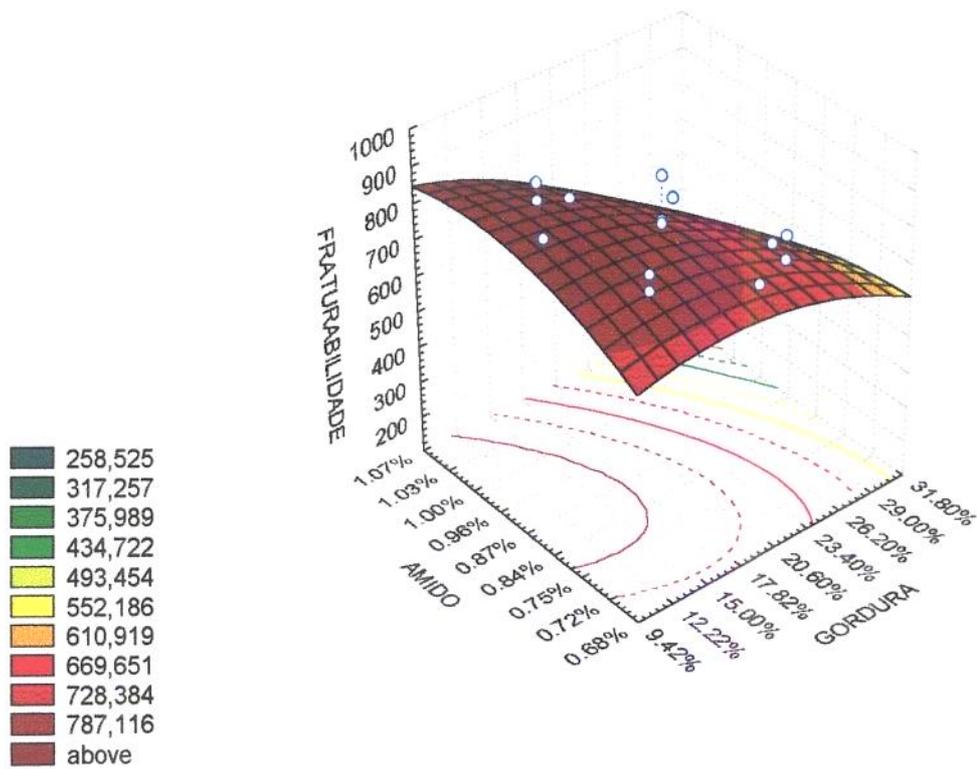


Figura 49 - Superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis gordura e amido

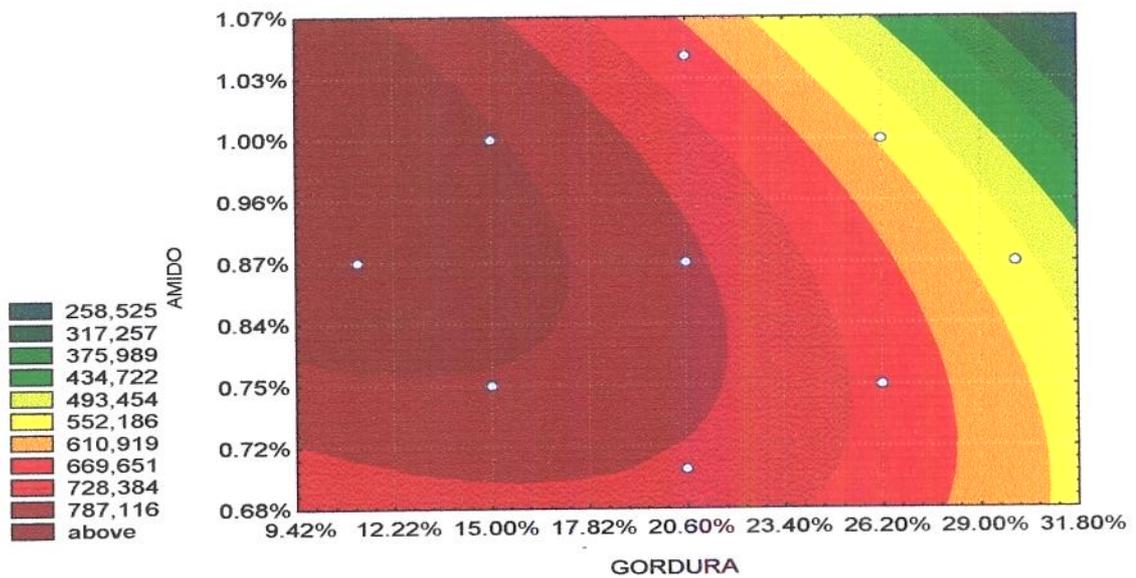


Figura 50 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis gordura e amido

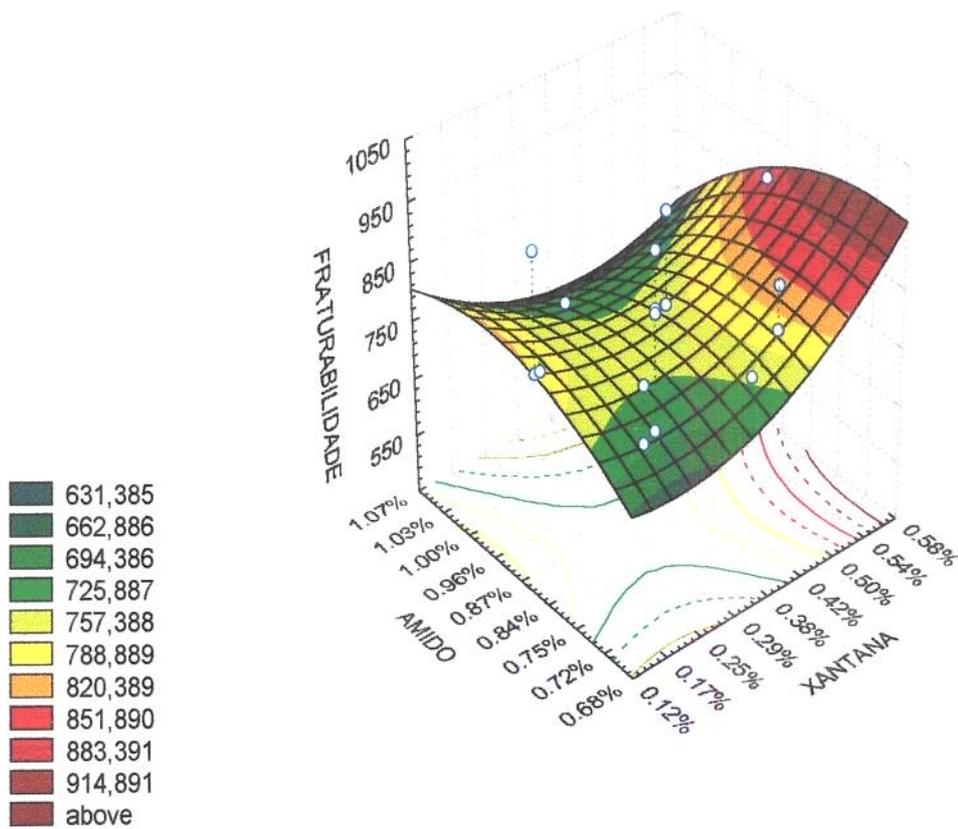


Figura 51 - Superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis xantana e amido

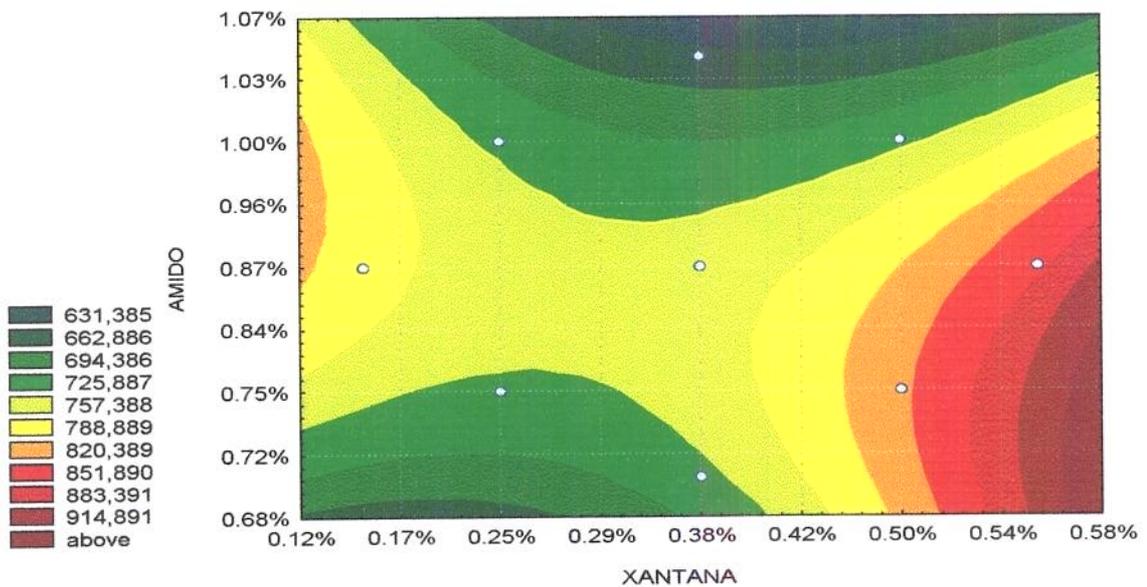


Figura 52 - Linhas de contorno da superfície de resposta relacionando fraturabilidade com as variáveis xantana e amido

Com a intersecção das faixas ótimas das Figuras 48, 50 e 52, as faixas de concentrações obtidas foram: 0,18% a 0,29% para a xantana, 0,70% a 0,72% para o amido de 20,60% a 30,00% para a gordura.

#### 4.5 EFEITO DA MISTURA DE AMIDO DE MILHO CEROSO PRÉ - GELATINIZADO, GOMA XANTANA E GORDURA NA DIFERENÇA DE COR

Para esta variável, são importantes as menores diferenças, pois quanto menor a diferença, maior a proximidade do bolo testado com o bolo padrão. O F calculado para o modelo de 2ª ordem foi 3,65 e o tabelado foi 4,10. Para a 1ª ordem o F calculado foi 1,24 e o tabelado 4,76. Como o calculado foi menor, então o modelo não foi significativo para esta variável e, portanto esta variável não foi considerada na análise geral.

Tabela 35 - Análise de variância da variável dependente diferença de cor

Fonte de variação	Soma Quadrática		Graus de liberdade		Média Quadrática		Teste F	
	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem	1ª ordem	2ª ordem
Regressão	6,4290	3,9277	3	9	0,5476	0,4364	1,2417	3,6540
Resíduos	2,6463	0,7166	6	6	0,4410	0,1194		
Falta de Ajuste	2,5721	0,6425	5	5	0,5144	0,1285		
Erro Puro	0,0741	0,0741	1	1	0,0741	0,0741	6,9412	1,7338
Total	4,2892	4,6443	9	15				

% DE VARIANCIA EXPLICADA:

1ª ordem = 38,3038    2ª ordem = 98,2721

% MÁXIMA DE VARIANCIA EXPLICÁVEL:

1ª ordem = 84,5701    2ª ordem = 98,4042

## 5. AVALIAÇÃO DOS BOLOS PRODUZIDOS NAS FAIXAS ÓTIMAS ESTABELECIDAS PARA AS VARIÁVEIS: AMIDO, GOMA XANTANA E GORDURA.

Interseccionando as faixas encontradas para as variáveis xantana, amido e gordura e considerando – se os parâmetros de resposta, foi estabelecida uma faixa de concentração ótima, mostrada na Tabela 36.

Tabela 36 – Faixa ótima de goma xantana, amido de milho ceroso pré - gelatinizado e gordura.

Variável	Faixa ótima
Xantana	0,25% a 0,32%
Amido	0,74%
Gordura	20,60% a 27,26%

Foram utilizadas as concentrações de 0.32% de xantana, 0.74% de amido, e 20,60% de gordura (menor teor), para a produção do bolo com a finalidade de verificar a validade do modelo. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 37.

O bolo produzido nestas concentrações de amido, xantana e gordura foi comparado com os bolos padrão e outro elaborado com substituto de gordura comercial (N – Flate) na mesma proporção de substituição do bolo experimental. Os resultados são mostrados na Tabela 37 e nas Figuras 53, 54, 55 e 56.

O bolo com a mistura de amido e xantana apresentou volume elevado em comparação ao bolo padrão. O maior volume foi obtido com o bolo produzido com o substituto comercial, porém este substituto além de amido e goma contém emulsificantes em sua composição.

Para os parâmetros da textura, ou seja, dureza e fraturabilidade, tanto o bolo com a mistura de amido e goma quanto o bolo com o substituto comercial apresentaram valores mais elevados do que o padrão.

Quanto à aparência do miolo, as regiões mais escuras que podem ser observadas nas figuras 58, 59 e 60 indicam a presença de túneis. O bolo produzido com a mistura de amido e xantana e o bolo com substituto comercial apresentaram menos túneis do que o bolo padrão.

Tabela 37 – Resultados do bolo elaborado com a concentração ótima de goma xantana, amido de milho ceroso pré – gelatinizado e gordura

Variáveis	Resultados
Volume específico (ml/g)	2,120
Gravidade específica (g/ml)	1,070
Dureza (g)	690,270
Fraturabilidade (g)	742,320

Tabela 38 – Comparação do bolo experimental , bolo padrão e bolo elaborado com substituto de gordura comercial.

<b>Variável</b>	<b>Bolo experimental</b>	<b>Bolo com substituto comercial</b>	<b>Bolo padrão</b>
Volume específico (ml/g)	2,120	2,205	1,940
Gravidade específica (g/ml)	1,070	0,960	0,980
Dureza (g)	690,270	605,200	430,700
Fraturabilidade (g)	742,320	652,900	493,000

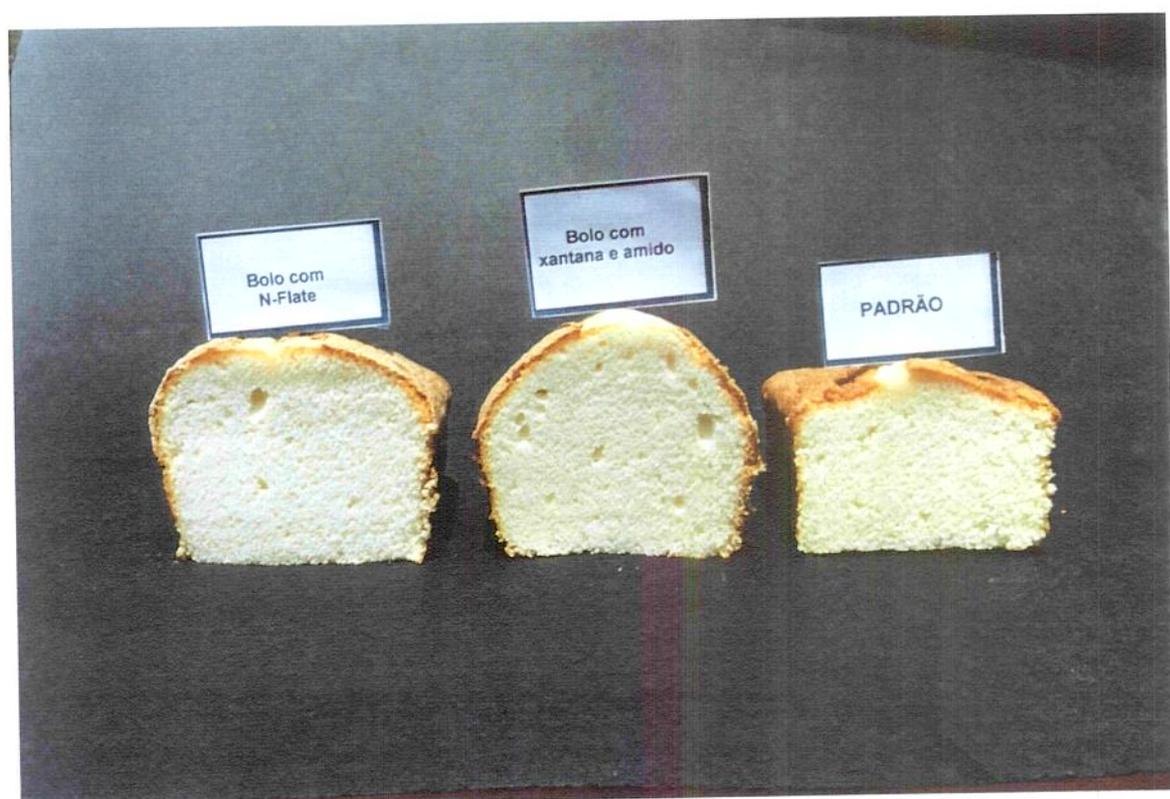


Figura 53 – Bolo experimental, bolo padrão e bolo com substituto de gordura comercial



Figura 54 – Aparência do miolo do bolo padrão

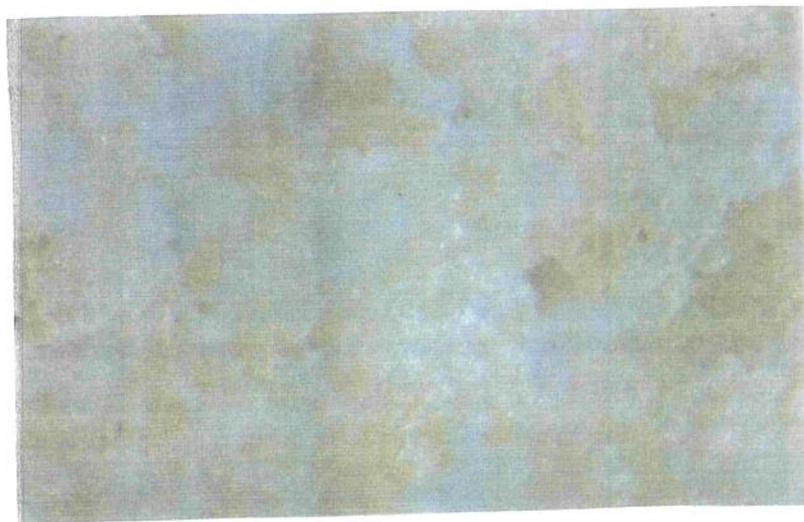


Figura 55 – Aparência do miolo do bolo experimental



Figura 56 – Aparência do miolo do bolo com substituto de gordura comercial

## 5.1 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada com a utilização da escala hedônica, cujas notas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 correspondem respectivamente aos seguintes critérios: desgostei muitíssimo, desgostei muito, desgostei regularmente, desgostei ligeiramente, indiferente, gostei ligeiramente, gostei regularmente, gostei muito e gostei muitíssimo. Foram analisados o bolo padrão, o bolo com a mistura de amido e goma xantana e o bolo produzido com substituto de gordura comercial.

Os resultados da análise sensorial foram analisados pelo programa estatístico versão 5.0, pelo qual foram obtidas as tabelas ANOVA (Tabelas 39, 40 e 41). Pelo mesmo programa foram obtidos os histogramas com a distribuição das notas, mostrados nas Figuras 57, 58 e 59.

Os resultados apresentados na Tabela 38 mostram que não houve diferença significativa entre as amostras em relação ao sabor. Para o bolo desenvolvido com amido e xantana, a maioria dos provadores atribuiu notas 7,00 (oito provadores) e 8,00 (dez provadores), enquanto que para o bolo padrão, houve um predomínio de notas 6,00 e 7,00. O bolo produzido com substituto de gordura comercial teve maior porcentagem de notas 7,00 e 8,00, conforme pode ser observado na figura 57. Esses resultados mostram que o bolo produzido com a mistura de amido – goma xantana teve sabor semelhante ao produzido com o substituto de gordura comercial N – Flete.

A Tabela 40, mostra que houve diferença significativa na aparência das amostras. Para o bolo experimental a média das notas foi 7,10, enquanto que para os bolos com substituto de gordura comercial e padrão as médias foram: 7,50 e 6,30, respectivamente. Pelo histograma (Figura 58) foi observado que a maioria dos provadores atribuiu notas 7,00 e 8,00 para o bolo experimental, enquanto que para o bolo com substituto comercial a maioria atribuiu notas

8,00 e 9,00 e para o padrão houve em equilíbrio entre as notas 5,00, 6,00, 7,00 e 8,00.

A tabela 41 mostra que entre a textura das amostras não ocorreu diferença significativa. Para o bolo experimental a média obtida foi 6,63 e para os bolos padrão e o produzido com o substituto comercial as médias foram: 6,65 e 6,90, respectivamente. Para o bolo experimental predominaram as notas 6,00, 7,00 e 8,00 para o bolo com o substituto comercial, predominou a nota 8,00 e para o padrão as notas 6,00, 7,00, 8,00 e 9,00.

Comparando os três quesitos de avaliação, foi possível concluir que o bolo experimental teve boa aceitação, já que obteve avaliação igual ou superior ao bolo padrão. As notas do bolo produzido com o substituto de gordura comercial foram superiores, porém o substituto comercial contém emulsificantes e leite em pó, enquanto o bolo experimental somente goma xantana e amido modificado.

## 5.2 VARIAÇÃO DA UMIDADE NO ARMAZENAMENTO

Para se avaliar o poder de retenção de água da mistura amido – xantana nos bolos, a umidade foi medida no 1º, 2º, 4º, 6º, 8º, 10º e 12º dias de armazenamento. Além da umidade do bolo com a mistura amido – xantana, mediu – se também a umidade do bolo padrão e do bolo produzido com o substituto de gordura comercial. Os resultados podem ser observados na figura 60.

A mistura amido – goma xantana foi mais eficiente na retenção de água do que o substituto de gordura comercial. Nos três testes foi observado que a grande perda de umidade ocorreu entre o segundo e o quarto dia de armazenamento.

Tabela 39 - ANOVA para o sabor:

Efeito	Graus de liberdade efeito	Média quadrática efeito	Graus de liberdade erro	Média quadrática erro	F	p- nível
provador	29*	6.199617*	58*	1.449042*	4.278424*	0.000001*
amostra	2	4.311111	58	1.449042	2.975145	0.058881
amostra x provador	--	--	--	--	--	--

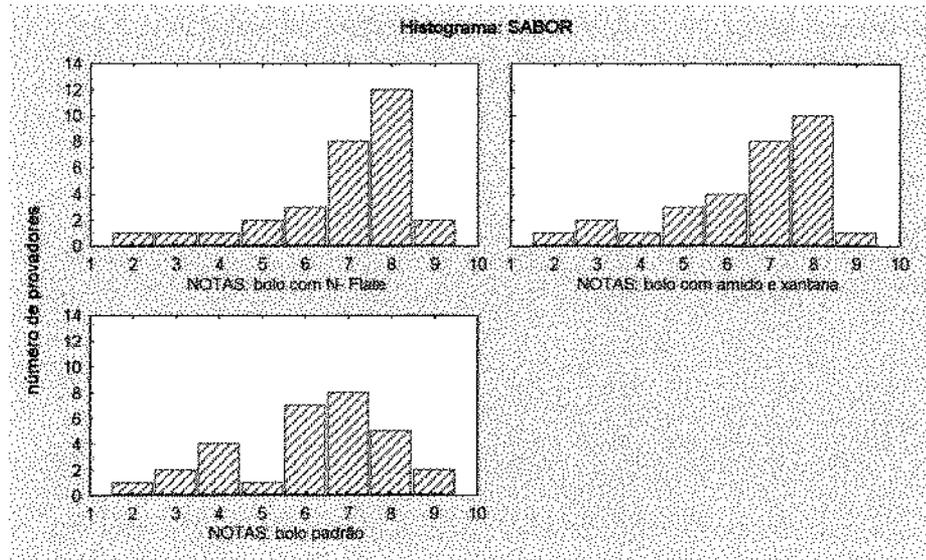


Figura 57 – Histograma do sabor

Tabela 40 - ANOVA para a aparência

Efeito	Graus de liberdade efeito	Média quadrática efeito	Graus de liberdade erro	Média quadrática erro	F	p- nível
provador	29*	3.63410*	58*	1.107663*	3.280872*	0.000059*
amostra	2*	10.54444*	58*	1.107663*	9.519544*	0.000266*
amostra x provador	--	--	--	--	--	--

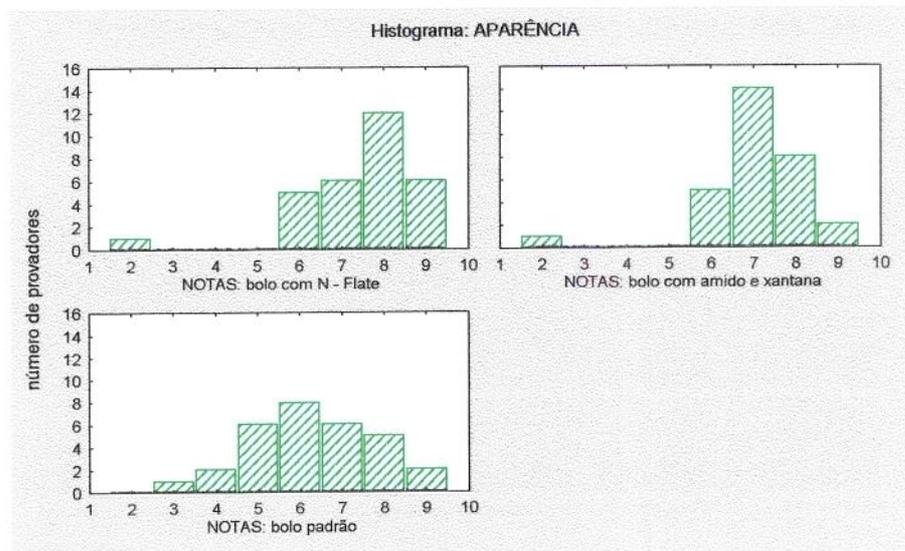


Figura 58 - Histograma da aparência

Tabela 41 - ANOVA para a textura

Efeito	Graus de liberdade efeito	Média quadrática efeito	Graus de liberdade erro	Média quadrática erro	F	p- nível
Prorador	29*	4.447893*	58*	1.692720*	2.627660*	0.000873*
Amostra	2	3.244444	58	1.692720	1.916704	0.156293
amostra x provador	--	--	--	--	--	--

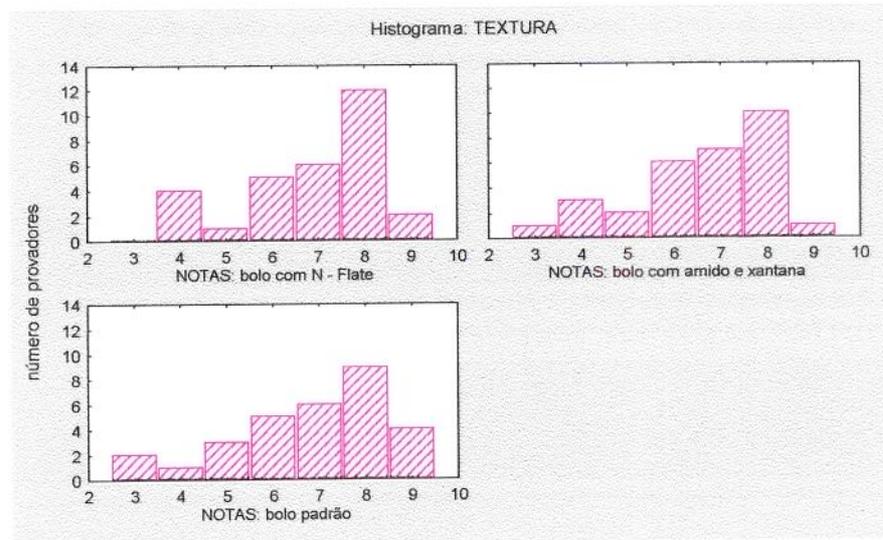


Figura 59 - Histograma da textura

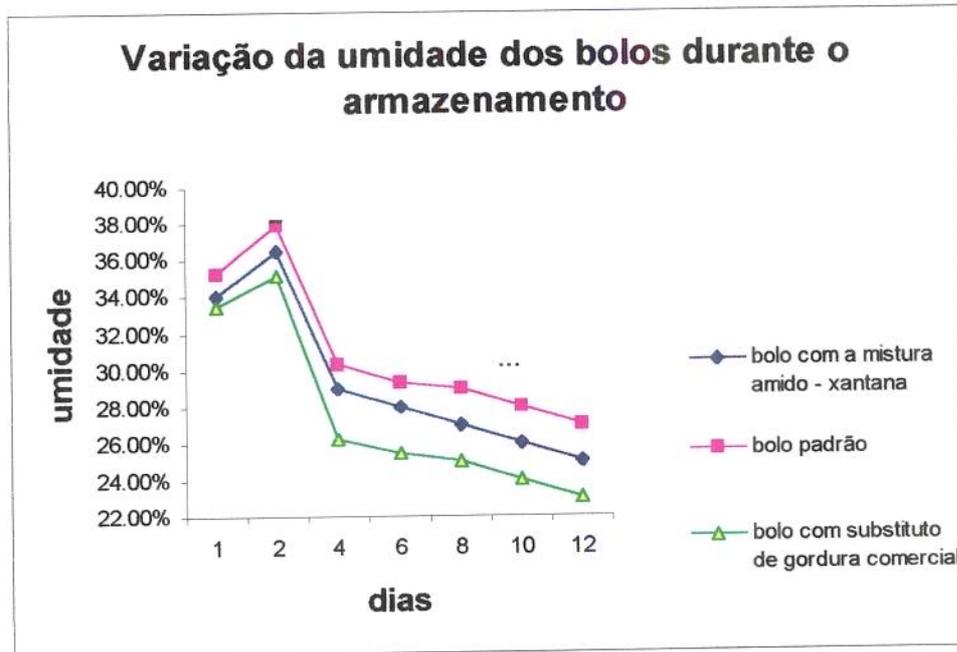


Figura 60 – Variação da umidade dos bolos produzidos com amido xantana, com substituto de gordura comercial e bolo padrão durante o armazenamento.

## V. CONCLUSÕES

1. Entre os amidos comerciais avaliados para a aplicação em bolos, o Instant Pure Flo F, que é um amido ceroso comercial pré – gelatinizado, apresentou os melhores resultados na faixa de 0,75% a 1,00% em relação ao peso da farinha.
2. Os efeitos das gomas, guar e xantana, foram semelhantes no volume específico, gravidade específica e qualidade dos bolos. A faixa de concentração de 0,25 a 0,50% dessas gomas foi considerada apropriada para a utilização em bolos.
3. A mistura de amido ceroso pré – gelatinizado e goma xantana apresentou efeito sinérgico que contribuiu para a melhoria nas características do bolo.
4. A mistura amido – goma guar, aplicada em bolos proporcionou volumes específicos menores do que o do padrão e valores muito elevados de dureza e fraturabilidade.
5. Os bolos com a mistura de amido – guar – xantana tiveram volumes específicos próximos ao volume do bolo padrão, porém inferiores ao volume dos bolos elaborados com a mistura amido – xantana, enquanto os valores da dureza e fraturabilidade foram mais elevados do que os valores do padrão.
6. A mistura de amido – goma xantana, pode ser utilizada como substituto de gordura parcial (até 33,33%) sem prejuízos na qualidade do bolo.
7. Os bolos com a mistura amido – xantana tiveram volumes superiores ao padrão e maior dureza e fraturabilidade.

8. A análise sensorial do bolo com a mistura amido – goma xantana substituindo 33,33% de gordura mostrou que 60,00% dos provadores gostaram do sabor (sendo que 33,33 gostaram muito e 26,67% gostaram regularmente), 86,67% dos provadores gostaram da aparência (13,33 gostaram ligeiramente, 46,67% gostaram regularmente e 26,67% gostaram muito) e 76,67% gostaram da textura (20,00% gostaram regularmente, 23,33% gostaram regularmente e 33,34% gostaram muito).
9. O bolo produzido com a mistura amido – goma xantana apresentou capacidade de retenção de água superior ao bolo produzido com substituto de gordura comercial.
10. Embora as gomas xantana e guar, quando aplicadas isoladamente nos bolos apresentaram um perfil semelhante quanto ao volume específico e qualidade dos bolos, a goma guar aplicada aos bolos juntamente com o amido de milho ceroso pré – gelatinizado não conseguiu manter as características do bolo padrão (os bolos com esta mistura tiveram volume específico inferior e valores de dureza e fraturabilidade muito elevados). Este comportamento diferenciado das gomas em presença do amido, deve – se provavelmente às diferenças de estrutura das gomas. Os bolos produzidos com a goma xantana e o amido de milho ceroso pré – gelatinizado e com redução de gordura tiveram suas características mantidas ou melhoradas em relação ao bolo padrão, provavelmente pela capacidade da goma xantana de melhorar a coesão dos grânulos de amido (DOHAN & GRASBERGER, 1973). Entretanto, não existem dados conclusivos que permitam deduzir que essas melhorias das características dos bolos seja resultado de uma interação molecular entre a goma xantana e o amido de milho ceroso pré – gelatinizado, formando uma rede, porque a estrutura da goma xantana ainda está sendo pesquisada (CHINNASWAMY & HANNA, 1993).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATH, D. E. ; SHELKE, K. ; HOSENEY, R. C. Fat replacers in high ratio layer cakes. Cereal Foods World, St. Paul, v. 37, n. 7, p. 495 - 500, 1982.
2. BELSHAW, F. R. Effects of modified starches. Cereal Foods World, St.. Paul, v. 25, n.10, p. 648 – 649, 1980.
3. BILIADERIS, C. G. Structures and phase transitions of starch in food systems. Food Technology, Chicago, v. 46, n. 6, p. 98 – 109, 1992.
4. BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, v. 69, p. 60 – 78, 1991.
5. BOATELLA, J.; CODONY, R. e RAFECAS, M. Estratégias para la substitucion de grasas en los alimentos. Alimentaria, jan./fev., p. 27 – 30, 1993.
6. BOETTEGER, R. Recent studies show the effect of pregelatinized starches on cake quality. National Starch and Chemical Corp., Bridgewater, N.J., 1963.
7. CARLSON, W. A.; ZIEGENFUSS, E. M. The effect of sugar on guar gum as a thickening agent. Food Technology, Chicago, v. 19, n. 6, p. 954 - 958, 1965.
8. CAUVAIN, S. Let them eat cake...especially if it's low fat. Food, Flavourings Ingredients, Packaging and Processing, London, v. 9, n. 8, p. 37 - 39, 1987.

9. CHRISTIANSON, D. D.; HODGE, J. E.; OSBORNE, D. ; DETROY, R.W. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar guar and cellulose gum. Cereal Chemistry, St. Paul v. 58, n. 6, p. 513 – 517, 1981.
  
10. CHINNASWAMY, R.; HANNA, M. A. Xanthan: structures, properties and uses. Indian Food Industry, Atchison, v. 12, n. 3, p. 27 - 36, 1993.
  
11. CIACCO, C. F.; CRUZ, R. Fabricação do amido e sua utilização. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1982. 152p.
  
12. COUGHLIN, F.J. Cake Baking Technology. In: PYLER, E. J. (Ed.) Science and technology. Chicago: Siebel Publishing, 1979, cap. 24, p. 966 – 973.
  
13. DOHAN, F.C.; GRASBERGER, J. C. Amer. J. Psychiat., v. 130, n. 6 p.685, 1973.
  
14. EASTWOOD, M. A.; BRYDON, W. G.; ANDERSON, D. M. W. The dietary effects of xanthan gum in man. Food Additives and Contaminants, Basingstoke, v. 4 , n. 1, p. 17 - 26 , 1987.
  
15. FERRERO, C.; MARTINO, M. N. ; ZARITZKY, N. E. Effect of freezing rate and xanthan gum on the properties of corn starch and wheat flour pastes. International Journal of Food Science and Technology, New York, v. 28, n. 5, p. 481 - 498, 1993.
  
16. FATS and fats replacers: balancing the health benefits. Food Technology, Chicago, v. 50, n. 9, p. 76 – 78, 1996.

17. FAT substitute update. Food Technology, Chicago, v. 44, n. 3, p. 92 – 97, 1990.
18. FRENCH, D. Organization of starch granules. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. (Eds) Starch: chemistry and technology. London: Academic Press, 1984, cap. 7, p. 183 – 247.
19. GLICKSMAN, M. Hydrocolloids and the search for the oily grail. Food Technology, Chicago, v. 45, n. 10, p. 95 - 101, 1991.
20. GOLDSTEIN, A .M.; ALTER, E. N.; SEAMAN, J. K. Guar gum. In: WHISTLER, R. L. (Ed) Industrial gums. New York: Associated Press, 1973. p. 315
21. HARRIS, D. W. H.; DAY, G. A. Structure versus functional relationships of a new starch – based fat replacer. Starch, Postfach, v. 45, p. 221 – 226, 1993.
22. HIPPLEHEUSER, A. L.; LANDBERG, L. A. ; TURNAK, F. L.. A system approach to formulating a low fat muffin. Food Technology, Chicago, v. 49 , n. 3, p. 92 - 96, 1995.
23. HOSENEY, R. C.; ZELEZNAK, K. J.; MANHATTEN, D. A. A note on the gelatinization of starch. Starch, Postfach, v. 38, n. 12, p. 407 – 409, 1986.
24. HUEBNER, F.R.; WALL, J.S. Polysaccharide interactions with wheat proteins and flour doughs. Cereal Chemistry, St. Paul, v. 56, p. 68, 1979.

- 
25. IGOE, R.S. Hydrocolloid interactions useful in food systems. Food Technology, Chicago, v. 36, n. 4, p. 72 – 74, 1982.
26. JANSSON P. E.; KENNE, L.; LINDBERG , B. Structure of the extracellular polysaccharide from *xanthomonas campestris* . Carbohyd. Res., v. 45, p. 275 – 282, 1975.
27. LINEBACK, D .R. The starch granule: organization and properties. Bakers Digest, v. 58, n. 2, p. 16 – 21, 1984.
28. MARCHANT, J.L.; BLANSHARD, J.M.V. Studies of the dynamics of the gelatinization of starch granules employing a small angle light scattering system. Stärke, v. 30, n. 8, p. 257 – 258, 1978.
29. MENGER, A.; LUDEWIG, H. G. Hydrocolloids in the production of fine baker products. Getreide, v. 31 , n. 11 , p. 299 - 301, 1977.
30. MEYHALL CHEMICAL AG. Rhodigel 200: Xanthan gum benefits for baking applications. Kreuzlingen, 1993, n. 344, p. 1 – 8.
31. MILLER, R. A.; HOSENEY, R. C. The role of xhantan gum in white layer cakes. Cereal Chemistry, St. Paul, v. 70 , n. 5 , p. 585 - 588, 1993.
32. MORRIS , E. R. Molecular origin of xanthan solution properties. In: SANDFORD, P. A.; LASKIN, A. (eds.) . Extracellular Microbial Polysaccharides . Washington: American Chemical Society, 1977, p. 81 – 89.
33. NATIONAL STARCH & CHEMICAL COMPANY. Como escolher: um guia profissional para amidos alimentícios, Briggewater, 1994, p. 1 – 8, 1994.

34. NONAKA, H. H. Plant carbohydrate – derived products as fat replacer and calorie reducers. Cereal Foods World, St. Paul, v. 42, n. 5, p.377 – 78, 1997.
35. ANTI – STALING fat mimetic: too good to be true? Prepared Foods, Chicago, v. 160, n. 9, p. 133 – 134, 1991.
36. PSZCZOLA, D. E. Carbohydrate – based ingredient performas lijke fat for use in a variety of food applications . Food Technology, Chicago, v. 45, n. 8, p. 262, 1991.
37. ROCKS, J. K. Xanthan gum . Food Technology, Chicago, v. 25 , n. 5, p. 476, 1971.
38. SANDERSON, G. R. The interatins of xanthan gum in food systems . Progress in Food and Nutrition Science, v. 6, p. 77 - 87, 1982.
39. SCHAEFER, E. Fats and fat replacers balancing the health benefits. Food Technology, p. 76 - 78, 1996.
40. SCHOCH, T.J. Starch in foods. Journal of the Japanese Society of Starch Science. v. 17, n. 2, p. 261 – 273, 1969.
41. SHARMA, S. C. Gums and hydrocolloids in oil water emulsions. Food Technology , Chicago, v. 35, n. 1, p. 59 - 67, 1981.
42. SPIES, R. D.. Effect of sugar on gelatinization and replacement of sucrose in layer cakes with high maltose corn syrup. Manhattan, 1981. Dissertation. (PhD) - Kansas State

43. SPRENDER, M. New stabilizing systems using galactomannans. Dairy Industries Internacional, London, v. 55, n. 1, p. 19, 1990.
44. SHUKLA, T. P. Problems in fat free and sugarless baking. Cereal Foods World, St. Paul, v. 40, n. 3, p. 159 - 160, 1995.
45. STAUFFER, C. E. High molecular weight additives. Functional additives for bakery foods. New York: AVI Van Nostrand Reinhold, 1990.
46. SUDHAKAR, V. Effect of sucrose on starch -hydrocolloids interations. Food Chemistry , v. 52, n. 3, p. 281 - 284, 1995.
47. SUDHAKAR, V.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. P. Starch-gum interations: formulations and functionality using amaranth / corn starch and CMC. Starch, v. 44, n. 10, p. 369 - 374, 1992.
48. WARD , F. M. Hydrocolloid systems as fat minetics in bakery products: icings, glazes and fillings. Cereal Foods World, St. Paul, v. 42, n. 5, p. 386 -390, 1997.
49. WARING , S. Shortening Replacement in cakes. Food Technology, Chicago, v. 42, n. 3, p. 114 - 116, 1988.
50. ZOBEL, H. F. Gelatinization of starch and mecanical properties of starch partes. In: WHISTLER, R.L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. Starch: chemistry and technology. London: Academic Pess, 1984, Cap. 9, p. 285 – 309.