

LUIZ FERNANDO DIAS FERREIRA

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE BAGAÇO DE UVA E  
SUA UTILIZAÇÃO EM CEREAIS MATINAIS EXPANDIDOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F383o  
2010

Ferreira, Luiz Fernando Dias, 1972-  
Obtenção e caracterização de farinha de bagaço de uva e  
*sua utilização em cereais matinais expandidos* / Luiz  
Fernando Dias Ferreira. – Viçosa, MG, 2010.  
xxvii, 132f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Mônica Ribeiro Pirozi.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Uva - Subprodutos - Análise. 2. Farinha de bagaço de  
uva. 3. Cereais na nutrição humana. 4. Uva - Secagem -  
Modelos matemáticos. 5. Avaliação sensorial.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

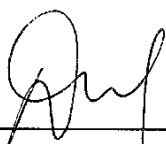
CDD 22. ed. 664.8048

LUIZ FERNANDO DIAS FERREIRA

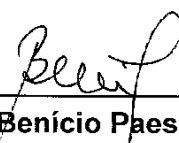
**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE BAGAÇO DE UVA E  
SUA UTILIZAÇÃO EM CEREAIS MATINAIS EXPANDIDOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

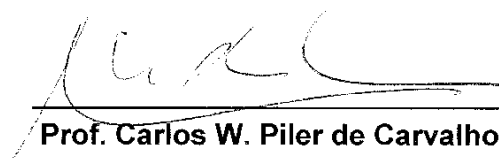
APROVADA: 29 de junho de 2010.



**Prof. Afonso Mota Ramos**  
(Coorientador)



**Prof. José Benício Paes Chaves**



**Prof. Carlos W. Piler de Carvalho**



**Prof. Paulo César Corrêa**



**Prof. Mônica Ribeiro Pirozi**  
(Orientadora)

*À minha esposa, Karla, e ao meu  
filho, Bento.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde e sabedoria para continuar a caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, por disponibilizar suas instalações para a realização dos ensaios de extrusão, análise física e sensorial dos extrusados, análises dos compostos fenólicos e atividade antioxidante.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus* Santa Teresa, pelo apoio institucional.

À professora Mônica Ribeiro Pirozi, pela orientação em todos os momentos, por acreditar e confiar em mim, e pela oportunidade de aprendizado.

Aos professores Afonso Mota Ramos e Paulo César Stringheta, pela coorientação, pelo apoio e pelas sugestões para a realização deste trabalho.

Ao professor José Benício Paes Chaves, pelas valiosas sugestões e pelos ensinamentos.

Ao professor José Antônio Marques Pereira, pela imprescindível orientação na operação do secador-piloto.

Aos professores Fernando Pinheiro Reis, José Carlos Gomes, Luis Henrique Mendes da Silva e Juraci Alves de Oliveira, pela oportunidade de aprendizado.

Ao pesquisador Carlos Wanderlei Piler de Carvalho, da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela colaboração e orientação na etapa de extrusão e análises físicas dos cereais matinais.

À pesquisadora Daniela De Grandi C. Freitas, da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelo suporte na análise sensorial.

Ao pesquisador Felix Cornejo, da Embrapa Agroindústria de Alimentos, por disponibilizar o secador para secagem final dos cereais matinais.

À pesquisadora Lourdes Maria Correa Cabral, da Embrapa Agroindústria de Alimentos, por disponibilizar o laboratório para a realização das análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Às doutoras Flávia dos Santos Gomes e Mônica Marques Pagani, pela amizade e colaboração nas análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

À Viviane e ao Éliton, proprietários da Cantina Matiello, do município de Santa Teresa-ES, pela disponibilização do bagaço de uva fermentado.

Aos amigos, estudantes do PPGCTA do DTA/UFV, pela camaradagem, em especial às duas Cláudias, à Veridiana, à Fabiana, à Pollyanna e ao César.

Aos funcionários do DTA/UFV, pelo convívio e pela ajuda quando foi preciso, em especial à Geralda, ao José Tomaz (Perereca) e ao Divino.

À Adriana, à Vanessa, ao Sr. Francisco e à Tatiana, pelo apoio no laboratório de cereais e planta-piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

À Beth e Monique, mestrandas do PPGCTA da UFRRJ, pelo apoio na operação da extrusora.

Aos estagiários da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelo apoio na execução das análises físico-químicas.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

LUIZ FERNANDO DIAS FERREIRA, filho de Fernando Antonio Dias Ferreira e de Iolanda Pereira Ferreira, nasceu no Rio de Janeiro, RJ, em 28 de janeiro de 1972.

Em 1991, iniciou o curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, graduando-se em 5 de abril de 1997.

Em 28 de setembro de 1999, concluiu o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em nível de Mestrado, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

No período de setembro de 1999 a fevereiro de 2000, foi professor substituto na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

No período de março de 2001 a junho de 2003, atuou como engenheiro de operações no segmento de Alimentos e Bebidas, no SENAI-RJ, na Unidade Operacional de Itaperuna.

No período de agosto de 2003 a agosto de 2006, foi professor assistente da Faculdade Redentor, Itaperuna, RJ.

Em agosto de 2004, iniciou o Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, em nível de doutorado.

Desde agosto de 2006 é professor de ensino básico, técnico e tecnológico do atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

Em junho de 2010, concluiu o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	xvii
LISTA DE FIGURAS .....	xix
RESUMO .....	xxii
ABSTRACT .....	xxv
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo geral.....	2
1.1.2 Objetivos específicos .....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Fibras dietéticas.....	4
2.2. Compostos fenólicos e atividade antioxidante .....	6
2.3. Fibras dietéticas antioxidantes.....	8
2.4. Aproveitamento de resíduos agroindustriais .....	9
2.4.1. Subprodutos da vinificação .....	10
2.4.2. Propriedades funcionais do bagaço de uva .....	11
2.4.3. Aproveitamento do bagaço de uva na alimentação humana	12
2.4.4. Efeito da temperatura nas fibras dietéticas e nos fenólicos de resíduos agroindustriais .....	13
2.5. Extrusão termoplástica.....	14
2.5.1. Efeito do tamanho de partícula na extrusão.....	15

	<b>Página</b>
2.5.2. Efeito da adição de fibras na extrusão .....	15
2.5.3. Efeito da adição de açúcar na extrusão .....	16
2.5.4. Efeito do processo de extrusão sobre os compostos fenólicos .....	18
2.6. Planejamento experimental de misturas .....	19
2.7. Considerações gerais .....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPITULO 1.....	33
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SECAGEM EM CAMADA DELGADA DE BAGAÇO DE UVA FERMENTADO .....	33
Resumo .....	33
Abstract.....	34
1 Introdução.....	35
2 Material e métodos .....	36
2.1 Material .....	36
2.2 Secador experimental .....	36
2.3 Procedimento de secagem .....	37
2.4 Modelos de secagem em camada delgada.....	38
2.5 Coeficientes de determinação e análise dos erros .....	39
2.6 Determinação da difusividade efetiva .....	40
2.7 Determinação da energia de ativação .....	41
3 Resultados e discussão .....	42
3.1 Análises das características de secagem do bagaço de uva.....	42
3.2. Ajustes das curvas de secagem .....	44
3.3. Determinação da difusividade efetiva .....	48
3.4 Determinação da energia de ativação .....	49
4 Conclusões .....	50
5 Referências bibliográficas.....	50
CAPÍTULO 2.....	53
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHA DE BAGAÇO DE UVA DA VARIEDADE ISABEL ( <i>Vitis Labrusca</i> ).....	53
Resumo .....	53
Abstract.....	54
1 Introdução.....	55

	<b>Página</b>
2 Material e métodos .....	56
2.1 Material .....	56
2.2 Métodos .....	56
2.2.1 Obtenção da farinha de bagaço de uva .....	56
2.2.2 Composição centesimal .....	56
2.2.3 Determinação dos compostos fenólicos totais .....	58
2.2.4 Determinação da atividade antioxidante .....	58
2.2.5 Determinação do pH .....	58
2.2.6 Análise microbiológica da farinha de bagaço de uva .....	59
2.2.7 Análise estatística .....	59
3 Material e métodos .....	59
3.1 Composição centesimal .....	59
3.2. Compostos fenólicos totais .....	63
3.3 Atividade antioxidante .....	65
3.4 Análise microbiológica .....	66
4 Conclusões .....	67
5 Referências bibliográficas .....	68
CAPÍTULO 3 .....	73
PROPRIEDADES FÍSICAS E SENSORIAIS DE CEREAIS MATINAIS À BASE DE MILHO, BAGAÇO DE UVA E AÇÚCAR .....	73
Resumo .....	73
Abstract .....	74
1 Introdução .....	75
2 Material e métodos .....	76
2.1 Material .....	76
2.2 Métodos .....	76
2.2.1 Composição centesimal .....	76
2.2.2 Determinação do tamanho de partícula .....	76
2.2.3 Condicionamento das amostras .....	77
2.2.4 Processo de extrusão .....	77
2.2.5. Caracterização dos produtos extrusados .....	79
2.2.5.1 Propriedades físicas .....	79
2.2.5.1.1 Índices de expansão .....	79
2.2.5.1.2 Densidade aparente .....	80
2.2.5.1.3 Análise instrumental de textura .....	80

	<b>Página</b>
2.2.5.1.4 Determinação instrumental da cor .....	81
2.2.6 Teste de aceitação sensorial .....	81
2.2.7 Determinação de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante.....	82
2.2.8 Delineamento experimental e análise dos resultados .....	82
<b>3 Resultados e discussão .....</b>	<b>84</b>
3.1 Composição centesimal .....	84
3.2 Distribuição do tamanho das partículas .....	85
3.3 Propriedades físicas dos extrusados .....	86
3.3.1 Índice de expansão radial .....	86
3.3.2 Índice de expansão longitudinal e volumétrico.....	92
3.3.3 Densidade aparente.....	94
3.3.4 Textura instrumental .....	95
3.3.5 Coordenadas de cor.....	96
3.4 Propriedades sensoriais dos produtos extrusados .....	101
3.4.1 Aparência.....	101
3.4.2 Sabor .....	103
3.4.3 Textura.....	105
3.4.4 Aceitação global.....	105
3.4.5 Intenção de compra .....	108
3.5. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.....	109
4 Conclusões .....	112
5 Referências bibliográficas.....	113
<b>3 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>116</b>
<b>4 SUGESTÕES.....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>120</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
1 Composição da uva e distribuição dos fenólicos.....	7
2 Conteúdo geral dos principais fenólicos ocorrendo em diferentes frações da uva ( $\text{mg.g}^{-1}$ ).....	11
CAPÍTULO 1	
1 Modelos ajustados aos dados de secagem.....	39
2 Resultados obtidos de diferentes modelos de secagem testados.....	45
3 Avaliação dos modelos preditos.....	46
CAPÍTULO 2	
1 Composição centesimal da farinha de bagaço de uva e suas frações casca e semente ( $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ b.s.) .....	60
2 Compostos fenólicos ( $\text{mg}$ ácido gálico $\cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra peso seco) experimentais e de algumas referências da literatura .....	63
3 Atividade antioxidante ( $\mu\text{mol}$ Trolox $\cdot \text{g}^{-1}$ de amostra em peso seco).....	65
4 Análise microbiológica e pH da farinha de bagaço de uva.....	66

CAPÍTULO 3

1	Delineamento centróide simplex para a formulação com farinha de milho, bagaço de uva e açúcar.....	83
2	Modelos propostos para ajuste da regressão.....	83
3	Composição centesimal das farinhas (g . 100 g <sup>-1</sup> base seca) ...	84
4	Propriedades físicas e sensoriais dos produtos extrusados em diferentes formulações .....	87
5	Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para as propriedades físicas (IER, IEL, IEV, DA e D)	88
6	Modelos ajustados para as propriedades físicas índice de expansão radial (IER), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrico (IEV), densidade aparente (DA) e dureza (D) .....	88
7	Desvios relativos para as propriedades físicas índice de expansão radial (IER), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrico (IEV), densidade aparente (DA) e dureza (D) .....	88
8	Coeficientes de correlação entre as propriedades físicas e sensoriais dos produtos extrusados .....	91
9	Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para os parâmetros de cor .....	97
10	Modelos ajustados para as coordenadas de cor: luminosidade “L”, valor “a”, valor “b” e diferença de cor ( $\Delta E$ ).....	97
11	Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para as coordenadas de cor: luminosidade “L”, valor “a”, valor “b” e diferença de cor ( $\Delta E$ ) .....	97
12	Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para as propriedades sensoriais dos extrusados ....	102
13	Modelos ajustados para as propriedades sensoriais.....	102
14	Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para as propriedades sensoriais .....	102

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1 Foto da seção transversal de uma baga de uva tinta. Casca, polpa e semente podem ser distinguidas .....	10
2 Diagrama esquemático da expansão e colapso do extrusado ..	17
3 Representação gráfica da equação 1 para: 2 componentes (a) e 3 componentes (b) .....	21
4 Planejamento simplex-lattice para $q = 3$ componentes e $m = 2$	22
5 Planejamento centróide simplex para $q = 3$ componentes .....	23

### CAPÍTULO 1

1 Secador de bandejas por ar aquecido.....	37
2 Curvas de secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado experimental e preditas pelo modelo de Page modificado, em diferentes temperaturas .....	42
3 Taxa de secagem em função do tempo de secagem do bagaço de uva fermentado em diferentes temperaturas .....	44
4 Valores da razão de umidade experimental e predito pelo modelo de Page modificado em diferentes temperaturas .....	48
5 Efeito da temperatura na difusividade efetiva de bagaço de uva fermentado .....	49

CAPÍTULO 2

1	Obtenção e desidratação do bagaço de uva. 1 e 2 = uva Isabel <i>in natura</i> ; 3 a 5 = desengaço, retirada das ráquis ou do engaço (parte herbácea da uva); 6 e 7 = fermentação; 8 e 9 = prensa manual; 10 e 11 = desidratação do bagaço de uva (60 °C/ 18 horas até umidade final de 6 a 7%; e 12 = bagaço de uva desidratado.....	57
---	--	----

CAPÍTULO 3

1	Extrusora Brabender mono rosca do Laboratório de Extrusão da Embrapa Agroindústria de Alimentos .....	78
2	Produção de cereais matinais à base de milho, bagaço de uva e açúcar .....	78
3	Representação esquemática da análise instrumental de textura .....	80
4	Distribuição do tamanho de partículas das farinhas de milho e de bagaço de uva.....	85
5	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do índice de expansão radial.....	89
6	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do índice de expansão longitudinal.....	93
7	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do índice de expansão volumétrico .....	93
8	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático da densidade aparente .....	94
9	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático da dureza instrumental .....	96
10	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear da luminosidade .....	98
11	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do valor “a” .....	99
12	Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do valor “b” .....	100

	<b>Página</b>
13 Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do valor de $\Delta E$ .....	101
14 Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do atributo sensorial aparência.....	103
15 Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do atributo sensorial sabor .....	104
16 Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do atributo sensorial textura .....	106
17 Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear da avaliação global.....	107
18 Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear da intenção de compra .....	109
19 Curvas de níveis das variáveis respostas das propriedades físicas e sensoriais .....	110
20 Produtos extrusados em diferentes formulações sobre a curva de nível obtida na aceitação global .....	111
21 Teor dos compostos fenólicos (mg de ácido gálico . 100 g <sup>-1</sup> de amostra em base seca) e da atividade antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox.}100 \text{ g}^{-1}$ de amostra em base seca) para a mistura do ponto central do delineamento experimental antes e depois da extrusão .....	111

## RESUMO

FERREIRA, Luiz Fernando Dias, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2010. **Obtenção e caracterização de farinha de bagaço de uva e sua utilização em cereais matinais expandidos.** Orientadora: Mônica Ribeiro Pirozi. Coorientadores: Afonso Mota Ramos e Paulo César Stringheta.

O bagaço da uva, subproduto da elaboração de vinho, representa cerca de 20% do peso original das uvas. É caracterizado pelo elevado conteúdo de fibra dietética alimentar e fenólicos, com capacidade antioxidante. O aproveitamento deste resíduo na alimentação humana pode representar uma forma de agregar valor a ele, convertendo-o em um alimento funcional. Os objetivos deste trabalho foram estudar o comportamento da secagem em camada delgada de bagaço de uva em secador por ar aquecido e realizar a modelagem matemática, por meio dos modelos de secagem em camada delgada citados na literatura; a obtenção, a caracterização físico-química e a capacidade antioxidante da farinha de bagaço de uva da variedade Isabel (*Vitis Labrusca*) e de suas frações (casca e semente); e desenvolver, produzir e otimizar um cereal matinal expandido, visando ao aproveitamento do bagaço de uva. Os experimentos de secagem foram conduzidos em temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, em uma velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s. Dez diferentes modelos matemáticos de secagem em camada delgada foram comparados, de

acordo com os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), qui-quadrado ( $\chi^2$ ), raiz do quadrado médio residual (RQMR) e erro médio relativo (P), todos estimados pelas curvas de secagem. Os efeitos da temperatura de secagem nos coeficientes e constantes foram preditos pelos modelos de regressão. O modelo de Page modificado foi selecionado para representar o comportamento da secagem em camada delgada de bagaço de uva. Os coeficientes e as constantes do modelo podem ser explicados pelo efeito da temperatura do ar de secagem. Para obtenção da farinha, o bagaço de uva foi obtido de uma cantina vinícola e desidratado em secador vertical por ar aquecido a 60 °C, separado em três materiais: bagaço de uva (FB), e suas frações: casca (FC) e semente (FS), cada um deles sendo em seguida triturados e peneirados. Foram realizadas as determinações de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, fibra bruta e carboidratos (AOAC), compostos fenólicos totais (Folin-Ciocateau) e atividade antioxidante (ABTS) para os três materiais. A determinação de pH e a análise microbiológica (*Bacillus cereus*, coliformes a 45 °C, *Salmonella* e bolores e leveduras) foram realizadas na farinha de bagaço de uva. Os resultados mostraram que a farinha de bagaço de uva obtida possui alto teor de fibras (21,89 g. 100g<sup>-1</sup> de amostra b.s.), com alta capacidade antioxidante (188 µmol Trolox.g<sup>-1</sup> de amostra b.s.). As análises microbiológicas mostraram que esta farinha é segura para o consumo humano. A fração semente possui o maior conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante. No desenvolvimento dos cereais matinais, o efeito dos três ingredientes, farinha de milho, bagaço de uva e açúcar, foram investigados. Um delineamento centróide simplex para pseudocomponentes foi utilizado para ajustar modelos empíricos às propriedades físicas e sensoriais dos cereais matinais. Os índices de expansão (radial, longitudinal e volumétrico), a luminosidade, o valor de “b”, e os escores para sabor, textura, aceitação global e intenção de compra aumentaram com o aumento da proporção de farinha de milho na mistura. O índice de expansão radial teve correlação positiva significativa ( $p < 0,01$ ) com a aparência, a textura, a aceitação global e a intenção de compra. Maior aceitação global, entre os termos sensoriais “*nem gostei nem desgostei*” e “*gostei ligeiramente*” foi obtida com a formulação de 90, 6 e 4%, em base seca, para farinha de milho, bagaço de uva e açúcar, respectivamente. A

extrusão não afetou o teor de compostos fenólicos totais e reduziu em 18% a atividade antioxidante da mistura do ponto central do delineamento. Este estudo demonstrou que a farinha de bagaço de uva pode ser utilizada como ingrediente com alegações funcionais em até 6% (b.s.) de adição, na elaboração de cereais matinais à base de milho, com atributo sensorial de intenção de compra positiva.

## ABSTRACT

FERREIRA, Luiz Fernando Dias, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December of 2010. **Production and characterization of grape pomace flour and its use in expanded breakfast cereals.** Adviser: Mônica Ribeiro Pirozi. Co-advisers: Afonso Mota Ramos and Paulo César Stringheta.

Grape pomace, a wine making by-product accounts for 20% of the original weight of grapes. It is characterized by a high content of dietary fiber and phenolics with antioxidant capacity. The use of this residue for human consumption may represent a form of aggregating value to it, by converting it into a functional food. The objectives of this work were to study the behavior of thin-layer drying of grape pomace in heated air drier and to conduct a mathematical modeling by applying thin-layer drying models cited in the literature; to obtain the physical chemical characterization and antioxidant capacity of pomace flour of the grape variety Isabel (*Vitis Labrusca*) and its fractions (skin and seed); and to develop, produce and optimize an expanded breakfast cereal, using grape pomace. The drying experiments were conducted at temperatures of 50, 60, 70, 80 and 90 °C, at a drying air velocity of 1.0 m/s. Ten different mathematical thin-layer drying models were compared, according to the values of the coefficient of determination ( $R^2$ ), qui-square ( $\chi^2$ ), residual mean square root (RMSR) and relative mean error (P), estimated by the drying curves. The effects of the drying temperature on

the coefficients and constants were predicted by the regression models. The modified Page model was selected to represent the behavior of thin-layer drying of grape pomace. The model coefficients and constants can be explained by the effect of air drying temperature. To obtain the flour, the grape pomace was obtained from a wine production facility, dehydrated in a vertical drier by heated air at 60 °C, and grouped into three materials: grape pomace, and their fractions: skin and seed, each being later ground and sieved. Determinations of humidity, proteins, lipids, ashes, crude fiber and carbohydrates (AOAC), total phenolic compounds (Folin-Ciocateau) and antioxidant activity (ABTS) were made for the three materials; pH determination and microbiological analysis (*Bacillus cereus* coliform at 45°C, *Salmonella* and molds and yeast) were carried out in the grape pomace flour. The results showed that the grape pomace flour obtained has a high fiber content (21.89 g. 100g<sup>-1</sup> of sample d.b.), with high antioxidant capacity (188 μmol Trolox.g<sup>-1</sup> of sample d.b.). The microbiological analysis showed that the flour is safe for human consumption. The seed fraction has the highest content of total phenolic compounds and antioxidant capacity. The effect of the three ingredients, corn flour, grape pomace, and sugar, on the development of the breakfast cereals was investigated. A simplex-centroid design for pseudo-components was used to adjust empirical models to the physical and sensorial properties of the breakfast cereals. The (radial, longitudinal and volumetric) expansion indices, luminosity, the “b” value, and the flavor, texture, overall acceptance and purchase intention scores increased with increase in the proportion of corn flour in the mixture. The radial expansion index had a significant positive correlation ( $p < 0.01$ ), with appearance, texture, overall acceptance and purchase intention. Greater overall acceptance, among the sensorial terms “*neither liked nor disliked*” and “*liked slightly*” was obtained with the formulation of 90, 6 and 4%, on a dry base, for corn flour, grape pomace and sugar, respectively. Extrusion did not affect the content of total phenolic compounds and reduced in 18% the antioxidant activity of the mixture of the central design point. This study showed that grape pomace flour can be used as an ingredient with functional claims up to 6% (d.b.) of addition, in the elaboration of corn-based breakfast cereals, with sensorial attribute of positive purchase intention.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Resíduos de indústrias processadoras de alimentos são fontes de compostos de considerável valor, como fibras dietéticas, antioxidantes, ácidos graxos essenciais, antimicrobianos e minerais, que podem ser utilizados na elaboração e no desenvolvimento de novos produtos, em virtude de suas propriedades funcionais, nutricionais e tecnológicas. Não por acaso, há um aumento na demanda pela conversão de resíduos de frutas e hortaliças em produtos de alto valor nutricional e funcional, como a utilização de casca de maracujá, cascas e sementes de citrus, bagaços de maçãs e tomates.

Além da possibilidade de desenvolver novos ingredientes ou produtos acabados com a transformação destes resíduos, e de ser obtido com baixo custo e em grande quantidade, outro fator que justifica o seu aproveitamento é a redução do impacto ambiental, causado pela sua geração e deposição.

Muitas pesquisas (SHRIKHANDE, 2000; ALONSO *et al.*, 2002; GONZÁLEZ-PARAMÁS *et al.*, 2004; MONAGAS *et al.*, 2006; MAKRIS *et al.*, 2007a, b; LLOBERA; CAÑELLAS, 2007; RUBERTO *et al.*, 2007) têm dado ênfase à importância de subprodutos da vinificação, que são particularmente ricos em uma ampla faixa de polifenóis. Os subprodutos de uva contêm significativa quantidade de compostos fenólicos, principalmente flavonóides, os quais têm sido reportados ter efeitos benéficos no metabolismo de lipídeos. Há muitas referências na literatura para propriedades antioxidantes

e composição de polifenóis de uvas, que também citam os subprodutos de vinho como ricos em fibras dietéticas. Fibras dietéticas e antioxidantes naturais são dois fatores interligados, que podem trazer grandes benefícios à saúde.

Na elaboração de vinho, o bagaço da uva representa cerca de 20% da massa total de uva utilizada. Um método alternativo para o aproveitamento desse material é o processo de extrusão termoplástica, em virtude da sua versatilidade, da alta produtividade, do baixo custo, da eficiência energética e da ausência de efluentes. A utilização de subprodutos de uva pode produzir alimentos com valor agregado e, ao mesmo tempo, reduzir o problema de deposição de resíduos.

Neste contexto, o aproveitamento da farinha de bagaço de uva, como ingrediente na elaboração de cereais matinais, apresenta-se como uma alternativa para diminuir o problema do resíduo gerado pelas indústrias produtoras de vinho, oferecendo, ainda, um alimento com propriedades funcionais e com qualidade sensorial aceitável pelos consumidores.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

- Caracterizar a farinha de bagaço de uva e analisar a viabilidade técnica de seu aproveitamento no desenvolvimento de cereais matinais extrusados à base de farinha de milho.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar a curva de secagem do bagaço de uva e analisar os modelos matemáticos para sua descrição.

- Caracterizar a farinha de bagaço de uva, com relação à composição centesimal, ao teor de compostos fenólicos totais, às atividade antioxidantes e às análises microbiológicas de *Bacillus cereus*, aos coliformes à 45 °C, à *Salmonella sp* e aos fungos filamentosos e leveduras.

- Avaliar os efeitos das diferentes proporções de mistura contendo farinha de milho, farinha de bagaço de uva e açúcar nas características físicas e sensoriais dos cereais matinais obtidos.

- Avaliar o efeito da extrusão sobre o teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante dos cereais matinais obtidos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Fibras dietéticas**

As fibras dietéticas têm sido consumidas por séculos e vêm sendo reconhecidas por proporcionarem benefícios à saúde. A ingestão de alimentos ricos em fibras, como legumes, frutas, grãos integrais e nozes, está associada com a redução do colesterol LDL, um maior controle dos níveis de açúcar e insulina no sangue, e um trânsito intestinal mais eficaz, em virtude de sua capacidade em reter água no intestino (TUNGLAND; MEYER, 2002).

Segundo Dreher (2001), as fibras retardam o esvaziamento gástrico, reduz a absorção de glicose, reforça a imunidade e diminui os níveis de colesterol sérico, por meio da fermentação no intestino grosso e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, o qual inibe a síntese do colesterol hepático.

Para Tungland e Meyer (2002), o consumo de fibras dietéticas tem estabelecido a base para a associação, nos estudos epidemiológicos, de dietas ricas em fibras, com redução do risco de diversos problemas relacionados com a alimentação, como obesidade, diabetes, constipação e diverticulite. Várias doenças não infecciosas, comuns nas sociedades civilizadas, como doenças coronárias, podem ser atribuídas à baixa ingestão de fibras. Também podem ser importantes na redução de câncer de cólon,

em reduzir níveis de colesterol sérico e na prevenção de hiperglicemia em pacientes diabéticos (GARAU *et al.*, 2007).

O termo fibra dietética foi usado pela primeira vez por Hipsley, em 1953, para designar constituintes não digeríveis da parede celular de plantas. Entre 1972 e 1976, o papel destes compostos foi expandido para ser usado em conjunto com um número de hipóteses relacionadas à saúde (DREHER, 2001; TUNGLAND; MEYER, 2002). Desde esta mesma década, há uma grande discussão em foco para a definição de fibra dietética, e o mais apropriado método para quantificá-las em alimentos. A dificuldade em definir fibras é devido à sua ampla faixa de propriedades químicas, físicas e efeitos fisiológicos, associados com suas fontes mais comuns (DIKEMAN; FAHEY JR., 2006).

Fibra dietética total é o termo analítico que inclui a fração de fibra solúvel e a insolúvel em água. Fibra insolúvel consiste principalmente dos componentes da parede celular como celulose, lignina e hemicelulose, presentes principalmente no trigo e na maioria dos grãos e das hortaliças. Sua ação no organismo é reconhecida por diminuir o tempo no trânsito intestinal, aumentar o bolo fecal e produzir fezes moles. Fibra solúvel consiste de polissacarídeos não celulósicos, como pectina, goma e mucilagem, encontradas em frutas, aveia, cevada e legumes (DREHER, 2001).

Nos Estados Unidos, a fibra dietética é definida com base no método analítico aprovado pela Association of Official Analytical Chemists International (AOAC). Embora as definições com base na metodologia permitam identificar a composição química da fibra dietética, a limitação com relação a estas definições é a falta de habilidade para prever as respostas fisiológicas e biológicas das fibras dietéticas após ingestão. Recentemente, foi proposta uma nova definição que inclui ambos, as características físicas e seus efeitos fisiológicos em humanos, de modo que “fibra total” seria a soma da “fibra dietética” e “fibra funcional”. Fibra dietética são carboidratos não digeríveis e lignina, intrínseca e intacta em plantas, enquanto fibras funcionais consistem de isolados, carboidratos não digeríveis com efeitos fisiológicos benéficos em humanos (DIKEMAN; FAHEY JR., 2006).

A importância destes compostos na dieta tem direcionado as pesquisas de novas fontes de fibras dietéticas, que podem ser utilizadas como ingredientes de alimentos (GARAU *et al.*, 2007). Segundo Chantaro *et al.* (2008), os subprodutos das indústrias de processamento de frutas e hortaliças são de grande interesse, uma vez que são de baixo custo e estão disponíveis em grande escala. Farelo de trigo, casca de soja, casca de aveia, casca de amêndoa e casca de amendoim, são exemplos de resíduos de frutas e hortaliças processados em grande quantidade, que podem ser convertidos em ingredientes ricos em fibras, com aplicações tecnológicas, além dos benefícios à saúde (DREHER, 2001).

Apesar dos reconhecidos benefícios à saúde, o consumo de fibras dietéticas permanece baixo em muitos países, provavelmente em virtude da baixa qualidade sensorial dos alimentos desenvolvidos, com alto conteúdo de fibras. Desta forma, torna-se necessário um esforço para que estes produtos ou ingredientes forneçam não somente alto teor de fibras, mas, também, boas propriedades funcionais e qualidade sensorial (TUNGLAND; MEYER, 2002).

## **2.2. Compostos fenólicos e atividade antioxidante**

Compostos fenólicos constituem uma mistura complexa de produtos originados do metabolismo secundário das plantas, que diferem em estrutura química e reatividade. Quimicamente, são constituídos por anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxil substituintes no anel, incluindo seus derivados funcionais (SHAHIDI; NACZK, 1995). Os polifenóis são substâncias naturais, que estão presentes em plantas, frutas e hortaliças (RAMASSAMY, 2006). Eles podem ser classificados em ácidos fenólicos, flavonóides e polifenóis não flavonóides.

O maior grupo dos polifenóis é de flavonóides, com mais de 2.000 compostos conhecidos. Os flavonóides podem ser divididos em várias classes, com base em sua estrutura molecular, como antocianinas e antoxantinas. As antoxantinas são divididas em flavonóis, flavans, flavanóis, flavanonas e isoflavonas (RAMASSAMY, 2006).

Em relação aos polifenóis associados com as fibras dietéticas, os compostos fenólicos podem ser classificados de acordo com sua solubilidade em duas categorias: polifenóis extraíveis e polifenóis não extraíveis. A estrutura básica dos polifenóis extraíveis é o flavan-3-ol e flavan-3-4-diol, enquanto os polifenóis não extraíveis são os taninos condensados, também chamados de proantocianidinas. Este último grupo são dímeros, oligômeros e polímeros de flavan-3-óis, os quais geralmente consistem de catequina, epicatequina, galocatequina, epigalocatequina e seus ésteres de ácido gálico (BOZAN *et al.*, 2008). Os taninos condensados são responsáveis pela adstringência de muitas frutas e são encontrados principalmente nas cascas e sementes (SHAHIDI; NACZK, 1995; JIMÉNEZ-ESCRIG *et al.*, 2001).

A Tabela 1 apresenta a composição da uva e a distribuição dos fenólicos nas diferentes frações e do tipo de vinificação (tinto e branco). Os compostos fenólicos são importantes componentes do vinho, e a sua composição irá depender do tipo de uva utilizada para a vinificação, sua extração, os procedimentos aplicados na elaboração do vinho e as reações químicas que ocorrem durante o envelhecimento. O contato do mosto e do vinho com o barril de madeira também contribui para a presença de alguns destes compostos no vinho. Assim, alguns fenólicos simples, certos flavonóides e taninos hidrolisáveis, podem ser liberados da madeira para o vinho (SHAHIDI; NACZK, 1995). A composição destas substâncias no vinho também é modificada pelas leveduras, como resultado da conversão de substâncias não fenólicas, da solubilização e da extração de fenólicos pelo etanol produzido durante a fermentação (SHAHIDI; NACZK, 1995).

Tabela 1 – Composição da uva e distribuição dos fenólicos

	<b>Peso (%)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Fenólicos (%)</b>
<b>Ráquis</b>	2-6	60-80	1-4
<b>Baga</b>	95-97		
Casca	5-12	70-80	1-2
Polpa	85-87	60-85	
Semente	0-5	30-40	5-8
<b>Vinho tinto</b>			0,1-0,3
<b>Vinho branco</b>			0,01-0,03

Fonte: Shrikhande (2000).

Antocianidinas, ácidos fenólicos e flavanóis são os principais compostos fenólicos presentes na baga de uva, principalmente na casca, polpa e semente. Os fenólicos de vinho e uva geralmente incluem derivativos de ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos, flavonóides como flavan-3-óis, flavan-3,4-dióis, antocianinas e antocianidinas, flavonóis, flavonas e taninos condensados (SHAHIDI; NACZK, 1995). A atividade antioxidante destes fenólicos *in vivo* e *in vitro* tem sido investigada por diversos pesquisadores (YILMAZ; TOLEDO, 2004).

Os antioxidantes vêm sendo estudados por sua efetividade em reduzir efeitos deletérios e morte neuronal, associados às doenças e aos distúrbios do sistema nervoso central (RAMASSAMY, 2006). O envelhecimento é um dos maiores fatores de risco para doenças neurodegenerativas, como mal de Alzheimer e mal de Parkinson. Um número significativo de evidências indica que o estresse oxidativo está envolvido na patofisiologia destas doenças. O estresse oxidativo pode induzir os danos neuronais, modulando sinais intracelulares, finalmente levando à morte neuronal.

O consumo de frutas, hortaliças e grãos integrais, ricos em fitoquímicos antioxidantes, está associado com um reduzido risco de doenças crônicas, além das citadas anteriormente, como câncer, doenças coronárias, diabetes, cataratas e declínio funcional relacionado ao envelhecimento. Os grãos são as maiores fontes de antioxidantes da nossa dieta diária. Os principais compostos antioxidantes incluem antocianinas, lignanas, ácido fítico, taninos, esteróis, vanilina, ácido ferúlico, entre outros (LI *et al.*, 2007).

Os polifenóis de uva são absorvidos pelo organismo e aumenta a capacidade antioxidante do plasma no sangue ou diminui a peroxidação de LDL. Assim, Shrinkhande (2000) sugere que o consumo regular de vinho tinto ou subprodutos de vinho pode resultar, em longo prazo, na redução da incidência de aterosclerose.

### **2.3. Fibras dietéticas antioxidantes**

Fibras dietéticas antioxidantes podem ser utilizadas como um novo ingrediente funcional, visto que, em adição às propriedades derivadas da fibra propriamente dita, a prevenção da oxidação lipídica em alimentos pode

ser obtida com a presença dos polifenóis antioxidantes (SAURA-CALIXTO, 1998).

Vitaminas C e E, e alguns fitoquímicos, como fenólicos e carotenóides, são efetivos sequestrantes de radicais livres. Entre os compostos bioativos, os polifenóis têm demonstrado benefícios potenciais à saúde, principalmente relacionado à capacidade antioxidante. Os polifenóis são os fitoquímicos mais abundantes em nossa dieta e as frutas são os principais contribuintes (JIMÉNEZ-ESCRIG, 2001).

Os produtos derivados de cereais, como cereais matinais, produtos de padaria, biscoitos, etc., representam o maior consumo de produtos contendo fibras dietéticas. No entanto, nos últimos anos, produtos com alto conteúdo de fibras de frutas, cítricas, maçãs e outros, vêm sendo introduzidos no mercado mundial ocidental. Em geral, o concentrado de fibras dietéticas de frutas tem melhor qualidade nutricional que a encontrada em cereais, por causa do seu significativo conteúdo de compostos bioativos associados (flavonóides, carotenóides, etc.) (VERGARA-VALENCIA *et al.*, 2007).

#### **2.4. Aproveitamento de resíduos agroindustriais**

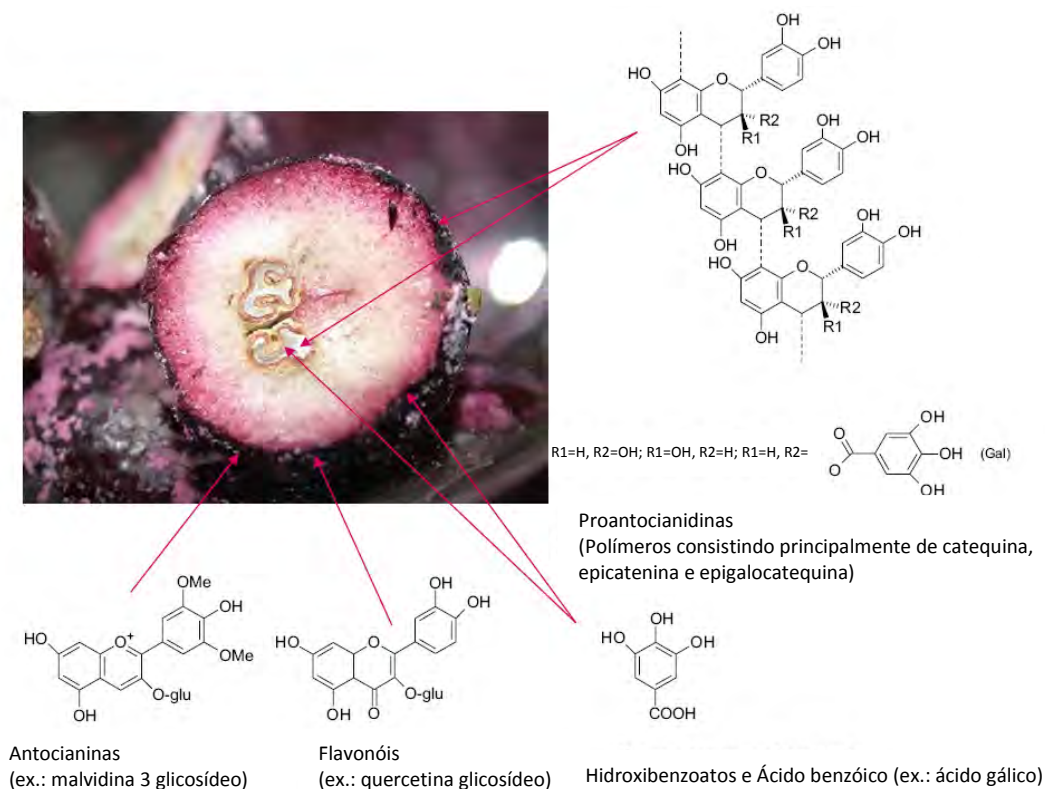
Uma grande quantidade de resíduos líquidos e sólidos é produzida anualmente pelas indústrias de alimentos. São constituídos, principalmente, por material orgânico biodegradável, e sua deposição gera sérios problemas ambientais. O resíduo gerado na planta de processamento pode ser significativamente reduzido por meio de novos métodos ou modificados de processamento ou pelo tratamento na própria planta e posterior reutilização. Uma variedade de processos está sendo desenvolvida nesta direção, permitindo a conversão destes resíduos em biocombustíveis, ingredientes de alimentos e outros subprodutos de valor agregado (HANG, 2004; MAKRIS *et al.*, 2007a).

Resíduos de frutas, como as sementes de uva, são ricos em antioxidantes. Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas utilizando subprodutos ou casca e sementes de frutas e hortaliças, como manga, limão, laranja, couve-flor e tomate, na obtenção de pós, farinhas ou concentrados de fibras dietéticas antioxidantes (UBANDO-RIVERA *et al.*, 2005; GARAU *et al.*, 2007;

VERGARA-VALENCIA *et al.*, 2007; STOJCESKA *et al.*, 2008; ALTAN *et al.*, 2008a).

### 2.4.1. Subprodutos da vinificação

O bagaço da uva, subproduto da elaboração de vinho, consiste das cascas, sementes e, eventualmente, algumas ráquis prensadas, e representa cerca de 20% do peso seu original (KAMMERER *et al.*, 2004; GÓMEZ-PLAZA *et al.*, 2006; LLOBERA; CAÑELLAS, 2007; RUBERTO *et al.*, 2007). Estes subprodutos podem conter uma quantidade considerável de compostos fenólicos, que irá depender da variedade e do tipo de uva (tinta ou branca), da parte do tecido (cascas, sementes ou ráquis), das condições do processo de vinificação, da safra, e da região onde as uvas foram produzidas (KAMMERER *et al.*, 2004; CLIFF *et al.*, 2007; MAKRIS *et al.*, 2007a). Para exemplificar a variabilidade desses compostos, a Figura 1 mostra alguns dos diferentes fenólicos encontrados nas diferentes frações de uma baga de uva.



Fonte: adaptado de Pinelo *et al.* (2006).

Figura 1 – Foto da seção transversal de uma baga de uva tinta. Casca, polpa e semente podem ser distinguidas.

O bagaço de uva é caracterizado pelo elevado conteúdo fenólico, por causa da baixa extração durante a vinificação, pois, mesmo após o contato com a fermentação do vinho, o bagaço de uva continua com elevado conteúdo de fenóis, com potencial atividade antioxidante (KAMMERER *et al.*, 2004; YILDIRIM *et al.*, 2005).

A casca de uva representa cerca de 5 a 10% da baga de uva, em base seca, e o seu conteúdo de fenólicos pode variar de 285 a 550 mg de fenóis/kg de casca, dependendo da variedade e do tipo de pré-tratamento. Os fenóis em uva e vinho podem, de maneira geral, ser classificados em três grupos principais: 1) ácidos fenólicos (principalmente, ácidos benzóico e hidroxicinâmico); 2) flavonóides simples (catequinas, flavonóis e antocianinas); e 3) taninos e proantocianidinas (PINELO *et al.*, 2006). A Tabela 2 apresenta a quantidade de fenólicos em diferentes frações da uva.

Tabela 2 – Conteúdo geral dos principais fenólicos ocorrendo em diferentes frações da uva (mg.g<sup>-1</sup>)

<b>Compostos</b>	<b>Bagaço de Uva</b>	<b>Casca</b>	<b>Semente</b>	<b>Ráquis</b>
Ácidos fenólicos	0,03 – 8,31	0,17 – 8,23	0,10 – 0,11	0 – 0,04
Flavan-3-óis totais	0,34 – 4,25	0,12 – 3,38	3,56 – 6,15	0,22 – 0,89
Antocianinas totais	11,47 – 29,82	11,47 – 29,82	-	-
Flavonóis totais	0,03 – 0,63	0,48 – 0,63	0,02 – 0,05	0 – 0,22

Fonte: adaptado de Pinelo *et al.* (2006).

#### **2.4.2. Propriedades funcionais do bagaço de uva**

Fatores extrínsecos, como a concentração de antioxidantes no sangue e em outros tecidos, podem desempenhar um importante papel na redução do risco de doenças coronárias. Substâncias fenólicas presentes nas uvas e no vinho são capazes de bloquear a oxidação do LDL, atuando como antioxidantes e podem ser responsáveis seu pelo efeito cardioprotetor (YILMAZ; TOLEDO, 2004).

A aterosclerose e as doenças coronárias têm sido associadas ao excessivo consumo de gorduras saturadas e colesterol (SHRIKHANDE, 2000). Alto nível de colesterol LDL no plasma pode ser responsável pela iniciação da aterosclerose, em que a peroxidação lipídica desempenha um

importante papel durante as etapas de iniciação e propagação da doença. A peroxidação do LDL pode ser afetada por diversos fatores, como a presença de íons ferro, conteúdo antioxidante das células (enzimático e não enzimático), e a composição e localização dos ácidos graxos poliinsaturados do LDL (YILMAZ; TOLEDO, 2004).

Durante as duas últimas décadas, muitos estudos epidemiológicos têm mostrado que o consumo moderado de vinho tinto pode reduzir a taxa de mortalidade por doenças coronárias, a então chamada teoria do “paradoxo francês” (aparente compatibilidade de uma dieta rica em gordura com baixa incidência de aterosclerose coronariana). Os componentes-chave no vinho tinto, responsáveis por estes efeitos benéficos, são os polifenóis, os quais estudos demonstram possuir várias atividades biológicas potentes, como atividade antioxidante, antiviral, inibidor enzimático, antitumor e anti-HIV (SPRANGER *et al.*, 2008).

Vários trabalhos demonstraram a capacidade de inibir a oxidação do LDL *in vitro* pelos compostos fenólicos, que se mostraram mais eficientes do que antioxidantes comuns, como ácido ascórbico e tocoferol (YILMAZ; TOLEDO, 2004). O efeito na redução do colesterol de um produto rico em polifenóis e fibra dietética, obtido de bagaço de uva, foi avaliado por Martín-Carrón *et al.* (1999), em ratos normais e hipercolesterolêmicos. O resultado indicou redução no colesterol sérico total e no LDL em ratos hipercolesterolêmicos.

### **2.4.3. Aproveitamento do bagaço de uva na alimentação humana**

Alguns autores têm investigado a utilização do bagaço de uva, subproduto do vinho ou graspa (destilado derivado do bagaço da uva) como ingrediente na elaboração de biscoitos, *snacks* e produtos cárneos derivados de pescado e frango (ROMERO *et al.*, 2004; ALTAN *et al.*, 2008b; SÁNCHEZ-ALONSO *et al.*, 2007, 2008; SÁYAGO-AYERDI *et al.*, 2009).

Romero *et al.* (2004) avaliaram o uso de bagaço de uva sem sementes na elaboração de *cookies* com níveis de substituição de 0, 5, 7,5 e 10%, em relação à farinha de trigo, obtendo uma boa aceitabilidade na análise sensorial, mostrando nenhuma diferença significativa entre os quatro níveis estudados.

Em estudo realizado por Altan *et al.* (2008b), foi avaliada sensorialmente a adição de bagaço de uva sem semente, na elaboração de *snacks* à base de farinha de cevada, variando os níveis de bagaço em 0, 2, 6, 10 e 12,3%. Foram obtidos bons resultados de aceitabilidade global para uma faixa de adição de bagaço de até 1%.

Sánchez-Alonso *et al.* (2007, 2008) estudaram o efeito de fibras dietéticas antioxidantes de bagaço de uvas brancas e bagaço de uvas tintas, respectivamente, na inibição da oxidação lipídica de carne de peixe processada e armazenada sob congelamento. Nestes estudos, a adição de fibras do bagaço de uvas tintas (2 e 4%) inibiu a oxidação lipídica durante os primeiros três meses de armazenamento, enquanto a adição de fibras de bagaço de uvas brancas inibiu por um período de seis meses. O maior teor de polifénóis extraíveis das fibras do bagaço de uvas brancas pôde explicar o maior tempo de armazenamento sem sofrer oxidação lipídica.

Em outro estudo, Sáyago-Ayerdi *et al.* (2009) avaliaram o efeito da adição de fibra de bagaço de uvas tintas na oxidação lipídica de hambúrguer de frango e observaram que a estabilidade oxidativa e a capacidade antioxidante dos produtos elaborados foram dependentes da concentração do bagaço de uva adicionado, e que esta adição não afetou a aceitabilidade sensorial do produto.

#### **2.4.4. Efeito da temperatura nas fibras dietéticas e nos fenólicos de resíduos agroindustriais**

As etapas do processamento para a obtenção de fibras dietéticas antioxidantes, como a desidratação, podem afetar suas propriedades físico-químicas e a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos (GARAU *et al.*, 2007).

Larrauri *et al.* (1997) estudaram o efeito da temperatura de secagem no teor de polifenóis e na atividade antioxidante de cascas de bagaço de uva, subproduto da elaboração de vinho tinto. Observaram que não houve perdas significativas nas características avaliadas na temperatura de 60 °C, em relação à amostra de referência liofilizada. No entanto, nas temperaturas de 100 e 140 °C houve redução significativa nos polifenóis extraíveis totais,

de 18,6 e 32,6%, respectivamente, e taninos condensados de 11,1 e 16,6%, respectivamente, em relação à amostra liofilizada. Em relação à atividade antioxidante, a redução foi de 28 e 50%, respectivamente.

Garau *et al.* (2007) estudaram o efeito da temperatura de secagem, de 30 a 90 °C, na capacidade antioxidante de subprodutos de laranja e verificaram que a maior capacidade antioxidante tanto para a casca quanto para a polpa de laranja foi obtida na temperatura de 60 °C, e que temperaturas maiores (80 e 90 °C) ou em temperaturas que implicaram em maiores tempo de secagem (30 e 40 °C) promoveram diminuição da capacidade antioxidante. A mesma temperatura de secagem a 60 °C foi utilizada por Ubando-Riviera *et al.* (2005) para obter pó de casca de limão com alto teor de fibras dietéticas e atividade antioxidante.

## **2.5. Extrusão termoplástica**

O processo de extrusão consiste em forçar um material a fluir sob uma variedade de condições controladas, ao longo de um canhão, e atravessar uma matriz (EASTMAN *et al.*, 2001). Este processo possibilita a obtenção de uma variedade de produtos à base de amido, como *snacks*, farinhas pré-gelatinizadas e cereais pré-cozidos (BORBA *et al.*, 2005). Apesar de a extrusão ser um processo tecnológico simples, seu controle é complexo, em virtude do grande número de variáveis envolvidas no processo (LEONEL, 2006).

O desenvolvimento de produtos de cereais extrusados de alta qualidade irá depender da relação entre formulação e processamento (EASTMAN *et al.*, 2001). As variáveis normalmente estudadas no desenvolvimento de produtos obtidos por extrusão são temperatura, velocidade de rotação do parafuso, teor de água e composição da matéria-prima. Elas irão influenciar as propriedades físicas, funcionais e sensoriais do produto (AINSWORTH *et al.*, 2007; HERNÁNDEZ-DÍAZ *et al.*, 2007; PÉREZ *et al.*, 2008).

A maioria dos estudos reconhece que o amido (polímero predominante nos cereais) tem um papel principal na expansão, enquanto outros ingredientes, como proteínas, açúcares, gorduras e fibras atuam como

diluentes. A máxima expansão tem sido observada com o amido puro (aumento de 500% no diâmetro do produto), seguido de grãos integrais (400%), várias rações para animais domésticos com adição de amido (200 a 300%) e sementes oleaginosas (150 a 200%) (MORARU; KOKINI, 2003). O limite inferior do conteúdo de amido para uma boa expansão é de 60 a 70%.

### **2.5.1. Efeito do tamanho de partícula na extrusão**

A distribuição e o tamanho das partículas influenciam nas características físicas, funcionais e, conseqüentemente, sensoriais, de produtos extrusados. Os *grits* de milho são partículas que passam através de peneiras de 1.190  $\mu\text{m}$  e são retidas em peneiras de 590  $\mu\text{m}$ . A farinha de milho tem um tamanho de partícula menor que o *grits* de milho, entre 193 e 590  $\mu\text{m}$  (ROONEY; SUHENDRO, 2001). A distribuição do tamanho de partículas irá afetar a facilidade do cozimento e, assim, a expansão e a crocância relativa do produto (ROONEY; SUHENDRO, 2001).

A especificação da farinha de milho para extrusão irá depender do tipo de produto desejado e do tipo de extrusora utilizada. Extrusoras monorroscas requerem matéria-prima que não contenha partículas finas, enquanto a extrusora de dupla rosca tolera matéria-prima com partículas mais finas (ROONEY; SUHENDRO, 2001).

Lue *et al.* (1991) avaliaram o efeito do tamanho da partícula de fibras dietéticas na expansão de extrusados à base de milho e fibras de cana-de-açúcar. Os autores observaram que a diminuição do tamanho de partícula das fibras aumentou a expansão em todas as dimensões.

### **2.5.2. Efeito da adição de fibras na extrusão**

A fibra dietética tem inúmeros benefícios à saúde, no entanto, sua incorporação em alimentos extrusados, como *snacks* e cereais matinais limita a expansão e reduz a crocância (PAI *et al.*, 2009).

A adição de fibras pode afetar a matriz de amido dos produtos extrusados (EASTMAN *et al.*, 2001). Sua adição tem sido limitada a quantidades menores que 10%, em substituição à farinha, em virtude do

aumento na dureza do extrusado, ocasionando problemas no processamento e diminuição da aceitabilidade pelo consumidor (ONWULATA *et al.*, 2001).

O efeito das fibras na expansão dos alimentos extrusados parece ser dependente da concentração. Acima de uma concentração crítica, as moléculas das fibras rompem a estrutura contínua da massa viscosa, impedindo sua deformação elástica durante a expansão. As fibras também são capazes de se ligar a alguma umidade presente na matriz, reduzindo, assim, sua disponibilidade para expansão (MORARU; KOKINI, 2003).

Em estudo realizado por Hashimoto e Grossmann (2003), avaliando o efeito das condições de extrusão em extrusados à base de amido de mandioca e farelo de mandioca, observaram que maior expansão radial foi obtida com menores teores de farelo. A redução do índice de expansão radial com o aumento do teor de fibras também foi observado por Ascheri *et al.* (2006), na caracterização de farinha de bagaço de jabuticaba fermentada e misturada com farinha de arroz polido sob diferentes condições de extrusão.

Em virtude do fato de diminuir a expansão, causando consequentemente prejuízos em outras características físicas, além da palatabilidade, tem se procurado adicionar outros ingredientes ou aditivos para neutralizar os efeitos negativos da adição das fibras (NABESHIMA *et al.*, 1995).

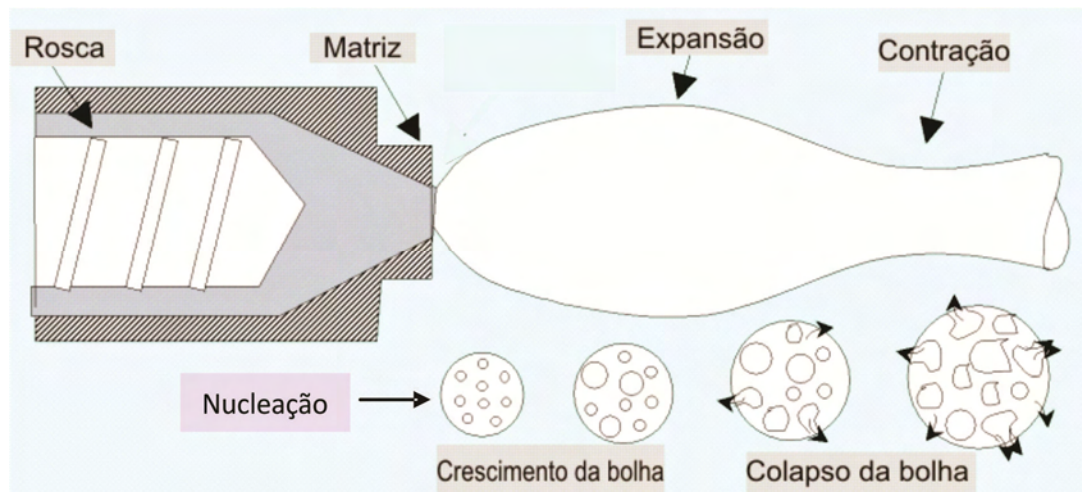
### **2.5.3. Efeito da adição de açúcar na extrusão**

Os açúcares, como frutose, sacarose e lactose, são grandes fontes de energia rapidamente absorvida. Além de fornecerem doçura, estão envolvidos em numerosas reações químicas durante a extrusão (SINGH *et al.*, 2007), sendo frequentemente adicionados na manufatura de alimentos do tipo *snacks*, para mudar o gosto do produto. No entanto, esta adição pode afetar outras propriedades, como volume específico, textura e cor, por meio de mudanças na expansão do extrusado ou interações com proteína e, ou, do amido (NABESHIMA *et al.*, 1995).

Segundo Hsieh *et al.* (1993), o nível da adição de açúcar é limitado à capacidade de manter uma condição de extrusão estável. Um aumento no conteúdo do açúcar de 20 a 50% diminui a pressão na saída da matriz, a energia mecânica específica, e o torque, e aumenta a tendência do

extrusado entrar em colapso ao esfriar. Assim, a adição de açúcar na formulação, geralmente sacarose, leva à redução do índice de expansão radial, do volume específico e do aumento da densidade aparente.

A substituição de parte do amido na formulação pelo açúcar reduz a temperatura de transição vítrea e, assim, diminui a viscosidade da massa fundida. A redução na expansão radial e o aumento da densidade com a adição de açúcar pode ser interpretado como a combinação de uma diminuição no crescimento das bolhas de ar (responsáveis pela expansão da massa extrusada) e um aumento no grau de encolhimento na saída da matriz (FAN *et al.*, 1996), conforme pode ser observado na Figura 2.



Fonte: adaptado de Moraru e Kokini (2003).

Figura 2 – Diagrama esquemático da expansão e colapso do extrusado.

Em estudo realizado por Jin *et al.* (1994), em extrusados à base de milho adicionados de fibra de soja, açúcar e cloreto de sódio, foi observado que a adição de açúcar levou ao aumento da densidade aparente e redução da expansão radial e longitudinal. Em outro estudo, Carvalho e Mitchell (2000) verificaram que o aumento no teor de açúcar (0 a 20% em base seca) levou à redução da expansão radial e volumétrica de extrusados à base de milho e açúcar, efeito também foi verificado por Mezreb *et al.* (2006), em níveis de açúcar entre 5 e 12,5%.

#### 2.5.4. Efeito do processo de extrusão sobre os compostos fenólicos

Alguns autores investigaram o efeito do processo de extrusão sobre o teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante. Sensoy *et al.* (2006) estudaram o efeito da extrusão e do assamento no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante de trigo mourisco. Os autores observaram que não houve diminuição na atividade antioxidante no processo de extrusão, em condições de processo selecionadas (170 °C), enquanto no assamento (200 °C, 10 minutos) houve pequena redução. Os autores justificaram que a retenção da atividade antioxidante pode ser em virtude do fato de a extrusão ser um processo que submete o material a alta temperatura em curto tempo.

Ainsworth *et al.* (2007), estudando o efeito da rotação da rosca e da adição de bagaço de malte nas características físicas e nutricionais de *snacks* mistos de farinha de trigo, amido de milho, farinha de aveia e grão-de-bico, observaram que nem o aumento da velocidade de rotação da rosca, nem a adição do resíduo de cervejaria afetaram o conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante.

O efeito da extrusão sobre o teor de compostos fenólicos pode ser influenciado pela cultivar, no caso de feijão. Esta conclusão foi apontada por Korus *et al.* (2007), que verificaram aumento de 14% na quantidade de fenólicos após a extrusão, em relação à matéria-prima, de uma cultivar de feijão, enquanto outras duas cultivares sofreram redução de 19 e 21%.

Em trabalho envolvendo a utilização de aparas de couve-flor, na elaboração de *snacks* pronto para o consumo, Stojceska *et al.* (2008) observaram que houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no conteúdo de compostos fenólicos dos extrusados, em relação à matéria-prima, para todos os níveis de adição de couve-flor, de 0 a 20%. A capacidade antioxidante dos extrusados também sofreu aumento significativo em relação à matéria-prima, nos níveis de 0, 5 e 10% de aparas de couve-flor; já nos níveis de 15 e 20% não houve alteração na capacidade antioxidante.

Anton *et al.* (2009) estudaram o impacto nutricional e físico da fortificação de *snacks* à base de amido de milho com farinha de feijão. Dependendo da cultivar, o conteúdo de compostos fenólicos sofreu redução

com a extrusão de 10 a 70%, em relação à matéria-prima. A redução da capacidade antioxidante foi dependente, além da cultivar, do método analítico para quantificação da capacidade antioxidante, variando de 17 a 62%, pelo método do DPPH, e de 10 a 17%, pelo método ORAC.

Em pesquisa realizada por Altan *et al.* (2009), os autores investigaram o efeito da temperatura, da velocidade da rosca e do nível de bagaço no conteúdo de  $\beta$ -glucana, fenólicos totais e capacidade antioxidante de extrusados desenvolvidos à base de cevada e bagaço de tomate e cevada e bagaço de uva. O processo de extrusão reduziu o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante dos dois produtos extrusados. O conteúdo de fenólicos totais do extrusado à base de cevada e bagaço de uva foi dependente somente do nível de bagaço, enquanto a atividade antioxidante foi dependente da temperatura e da interação temperatura e nível de bagaço.

## **2.6. Planejamento experimental de misturas**

O termo mistura é utilizado para definir uma formulação ou uma composição de determinadas substâncias. Um experimento com misturas é caracterizado por possuir dois ou mais componentes misturados em quaisquer proporções e uma resposta é obtida para cada conjunto de componentes. Considera-se que esta resposta é função somente das proporções dos componentes presentes na mistura e não da quantidade total da mistura (REIS; ANDRADE, 1996).

A metodologia de superfície de respostas é uma das mais amplas técnicas de otimização utilizadas pela sua eficiência e simplicidade, mas não considera a dependência linear entre os componentes da formulação. Muitos modelos desenvolvidos pela metodologia de superfície de resposta são muito eficientes em descrever a relação entre os fatores estudados e suas respostas (DI MONACO *et al.*, 2010). Um experimento de mistura é um tipo especial de superfície de resposta, na qual os fatores são os componentes da mistura e a resposta em função das proporções de cada componente (BUENO *et al.*, 2009).

O objetivo dos experimentos em superfície de respostas é determinar a combinação de níveis das variáveis independentes, que produzem resposta ótima, com menor número de experimentos do que o fatorial clássico. Nos experimentos com misturas também busca-se trabalhar com o menor número de experimentos; no entanto, o objetivo destes tipos de experimentos é determinar a proporção dos seus componentes que fornece a melhor resposta (BARROS NETO *et al.*, 2007).

Como as propriedades de uma mistura são determinadas pelas proporções de seus componentes, e a soma das proporções é constante, geralmente 100%, as proporções dos componentes não são independentes, ou seja, os fatores em experimentos com misturas são os componentes ou ingredientes da mistura, e seus níveis não são independentes (BARROS NETO *et al.*, 2007).

A diferença fundamental entre os experimentos com mistura e os de variável independente é o fato de que nos experimentos com misturas os fatores independentes são proporções dos diferentes componentes da mistura.

Em problemas de mistura, a finalidade do experimento é modelar uma superfície de mistura com alguma equação matemática, de modo que (NIST/SEMATECH, 2010):

1. as estimativas das respostas para toda mistura ou da combinação dos ingredientes possam ser feitas de maneira empírica; e
2. alguma medida da influência na resposta de cada componente único e em combinação com outros componentes possa ser obtida.

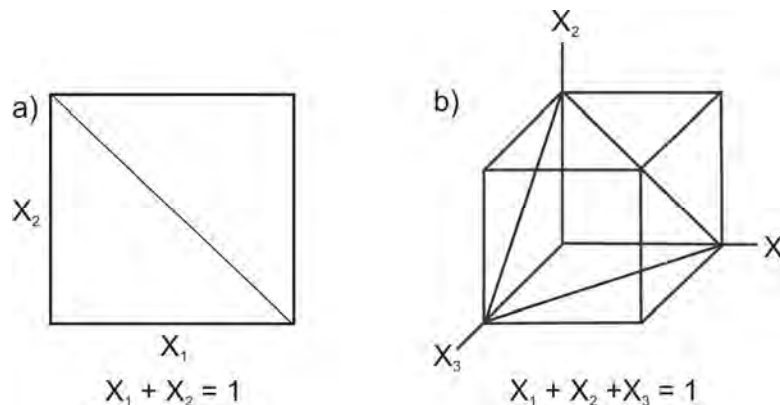
O espaço experimental para planejamentos de mistura, denominado de “simplex”, terá dimensão de uma unidade a menos do que o número de componentes ( $q$ ), usado na formulação, ou seja,  $q - 1$ . Esta restrição é consequência da interdependência dos componentes ( $x_i$ ) da mistura dada na equação 1 (REIS; ANDRADE, 1996).

$$\sum_{i=1}^q x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1 \quad (1)$$

em que  $q$  = número de componentes (ou fatores) na mistura.

Assim, a representação geométrica do espaço experimental para “q” componentes consiste de todos os pontos (vértices, arestas, faces, etc.) de uma figura regular de dimensão (q - 1) (REIS; ANDRADE, 1996).

Em mistura binária, a equação 1 é representada por uma reta ( $x_1 + x_2 = 1$ ) e cada ponto desta reta corresponde a uma mistura diferente. Embora todo o espaço dentro do quadrado (Figura 3a), possa ser estudado em experimentos nos quais as variáveis são independentes, em experimentação com mistura o espaço fica restrito aos pontos da reta (REIS; ANDRADE, 1996).



Fonte: Reis e Andrade (1996).

Figura 3 – Representação gráfica da equação 1 para: 2 componentes (a) e 3 componentes (b).

Para misturas de três componentes ( $q = 3$ ), o espaço experimental é um triângulo equilátero, formado por um plano diagonal contido em um cubo, em que a soma das proporções de  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  em qualquer ponto do triângulo também é igual a um (Figura 3b). Em sistemas em que  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  são independentes, todos os pontos do cubo podem ser utilizados no experimento. Os pontos situados sobre os vértices do triângulo correspondem aos componentes puros e sobre os lados às misturas binárias. Os pontos contidos no interior do triângulo correspondem às possíveis misturas ternárias (REIS; ANDRADE, 1996).

Existem dois tipos de planejamento utilizando misturas:

- **Simplex-lattice**:  $m + 1$  proporções, igualmente espaçadas, são testadas para cada fator ou componente do modelo, em que  $m$  é o grau do polinômio a ser ajustado. Os níveis dos fatores são obtidos por meio de:

$$x_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 \quad i = 1, 2, \dots, q$$

Ex.:  $q = 3$  e  $m = 2$        $x_i = 0, 1/2, 1$      $i = 1, 2, 3$ .

Fazendo as combinações entre esses valores, obtém-se:

	A	B	C
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0,5	0,5	0	0
0	0,5	0,5	0
0,5	0	0,5	0,5

cujos valores estão representados na Figura 4, por meio dos pontos pretos.

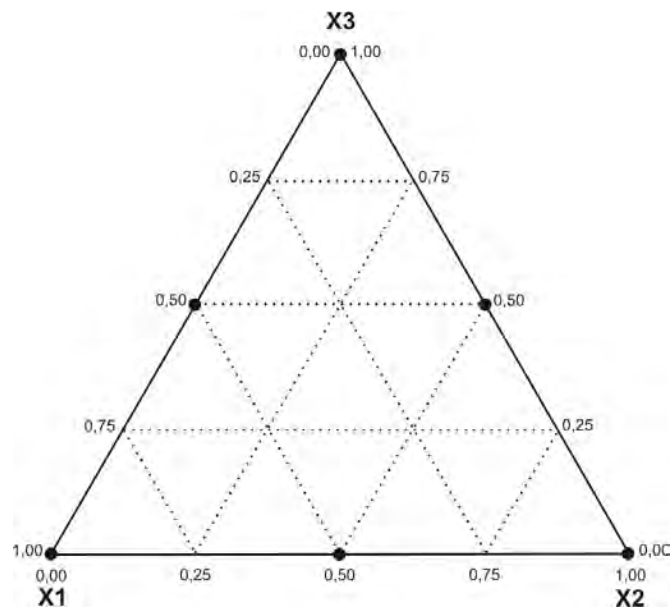


Figura 4 – Planejamento simplex-lattice para  $q = 3$  componentes e  $m = 2$ .

**Centróide simplex:** existem  $2^q - 1$  pontos que correspondem a  $q$  permutações de  $(1, 0, 0, \dots, 0)$ , a  $q$  permutações de  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0, 0, \dots, 0)$ , a  $q$  permutações de  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, 0, \dots, 0)$  e ao centróide global  $(\frac{1}{q}, \frac{1}{q}, \frac{1}{q}, \dots, \frac{1}{q})$ . Para  $q = 3$ , tem-se:

A	B	C
1	0	0
0	1	0
0	0	1
0,5	0,5	0
0	0,5	0,5
0,5	0	0,5
1/3	1/3	1/3

A Figura 5 apresenta os pontos do planejamento para o caso do centróide simplex com três fatores.

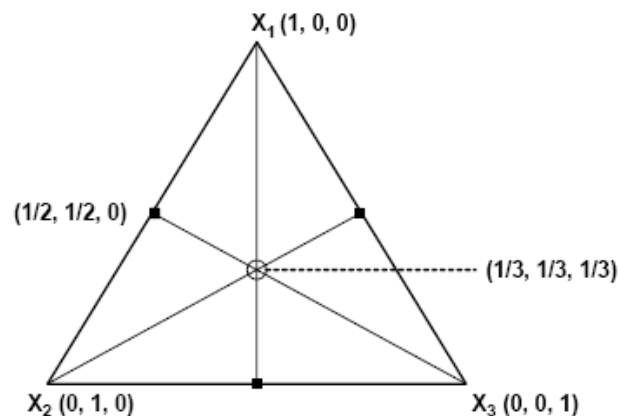


Figura 5 – Planejamento centróide simplex para  $q = 3$  componentes.

Em geral, os modelos de mistura utilizados para a realização da análise de regressão múltipla são (SAELEAW; SCHLEINIG, 2010):

- Linear:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_q X_q$$

- Quadrático:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_q X_q + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \dots + \beta_{q-1 q} X_{q-1} X_q$$

- Cúbico especial:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_q X_q + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \dots + \beta_{q-1 q} X_{q-1} X_q + \beta_{12\dots q} X_1 X_2 \dots X_q$$

em que  $Y$  é a variável dependente;  $\beta$  os coeficientes da equação; e  $x$  as proporções dos componentes. Valores positivos para coeficientes binários indicam efeito sinérgico entre os componentes, enquanto valores negativos indicam efeito antagônico entre os componentes (DUTCOSKY *et al.*, 2006).

Na prática, geralmente não é possível trabalhar com otimização de misturas usando os pontos do “simplex”, correspondentes aos componentes puros (REIS; ANDRADE, 1996). Neste caso, trabalha-se com pseudocomponentes, que não são componentes puros, mas uma mistura fixa dos vários componentes. Com isto, o experimento fica limitado a uma sub-região do simplex, pois as variáveis devem seguir a desigualdade  $0 \leq l_j \leq x_j \leq S_j \leq 1$ , em que l = limite inferior; S = limite superior; e i = 1, 2, ..., q.

Os pseudocomponentes, representados por  $x'_i$ , são gerados a partir dos componentes originais, e definidos como:

$$x'_i = \frac{x_i - l_j}{1 - L}; \quad L = \sum_{i=1}^q l_j < 1$$

Dutcosky *et al.* (2006) utilizaram um delineamento de mistura centróide simplex com duas repetições no ponto central para avaliar os efeitos das interações de três ingredientes (inulina, oligofrutose e goma acácia), na qualidade sensorial de barras de cereais. Utilizando este tipo de delineamento com a análise sensorial foi possível caracterizar e otimizar a formulação do produto.

Um delineamento centróide simplex também foi aplicado por Bueno *et al.* (2009), para avaliar o efeito da extrusão na capacidade emulsificante e a estabilidade de misturas contendo proteína texturizada de soja, proteína isolada de soja e pectina. Todos os modelos obtidos foram capazes de explicar mais de 86% da variação dos resultados, e nenhum sinergismo foi observado entre os três componentes da mistura.

Em trabalho publicado recentemente, Saeleaw e Schleining (2010) utilizaram um delineamento centróide simplex, para investigar as propriedades físico-químicas de misturas de quatro farinhas, e as propriedades dos biscoitos obtidos com estas misturas. Modelos com alto coeficiente de determinação e interações binárias e ternárias foram observados para a maioria das propriedades físico-químicas e físicas estudadas.

## **2.7. Considerações gerais**

O bagaço de uva é uma promissora fonte de fibras dietéticas e de compostos fenólicos, com significativa capacidade antioxidante. O aproveitamento deste resíduo na alimentação humana pode representar uma forma de lhe agregar valor, convertendo-o em um alimento funcional.

O processo de extrusão termoplástica é uma tecnologia de processamento de alimentos sem geração de resíduos, utilizada na elaboração de cereais matinais expandidos, produtos com aceitação crescente pela população em diversas faixas etárias.

No presente trabalho, a metodologia de superfície de respostas para misturas foi considerada apropriada para investigar a utilização da farinha de bagaço de uva, em misturas com outros ingredientes, na elaboração de extrusados com características físicas, sensoriais e nutricionais que atendam ao consumidor contemporâneo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, P.; IBANOGLU, S.; PLUNKETT, A.; IBANOGLU, E.; STOJCESKA, V. Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 702-709, 2007.

ALONSO, A. M.; GUILLÉN, A.; BARROSO, C. G.; PUERTAS, B.; GARCIA, A. Determination activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5832-5836, 2002.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Evaluation of snack from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p 231-242, 2008a.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 24-32, 2008b.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and b-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1263-1271, 2009.

ANTON, A. A.; GARY-FULCHER, R.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 113, p. 989-996, 2009.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2003. 401 p.

BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.

BOZAN, B.; TOSUN, G.; OZCAN, D. Study of polyphenol content in the seeds of red grape (*Vitis vinifera* L.) varieties cultivated in Turkey and their antiradical activity. **Food Chemistry**, v. 109, p. 426-430, 2008.

BUENO, A. S.; PEREIRA, C. M.; MENEGASSI, B.; ARÊAS, A. G. Effect of extrusion on the emulsifying properties of soybean proteins and pectin mixtures modelled by response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p. 504-510, 2009.

CARVALHO, C. W. P.; MITCHELL, J. R. Effect of Sugar on the extrusion of maize grits and wheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 35, p. 569-576, 2000.

CHANTARO, P.; DEVAHASTIN, S.; CHIEWCHAN, N. Production of antioxidant high fiber powder from carrot peels. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 41, n. 10, p. 1987-1994, 2008.

CLIFF, M. A.; KING, M. C.; SCHLOSSER, J. Anthocyanin, phenolic Composition, Colour Measurement and Sensory Analysis of BC Commercial Red Wines. **Food Research International**, v. 40, p. 92-100, 2007.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY JR., G. C. Viscosity as related to dietary fiber: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, p. 649-663, 2006.

DI MONACO, R.; MIELE, N. A.; CAVELLA, S.; MAIS, P. New chestnut-based chips optimization: Effects of ingredients. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 126-132, 2010.

DREHER, M. L. Dietary fiber overview. In: CHO, S.; DREHER, M. L. (Ed.). **Handbook of dietary fiber**. New York: Marcel Dekker, 2001. 868 p.

DUTCOSKY, S. D.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F.; WELSCH, A. K. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. **Food Chemistry**, v. 98, p. 630–638, 2006.

EASTMAN, J.; ORTHOEFER, F.; SOLORIO, S. Using extrusion to create breakfast cereal products. **Cereal Food World**, v. 46, n. 10, p. 468-471, 2001.

FAN, J.; MITCHELL, J. R.; BLANSHARD, M. V. The effect of sugars on the extrusion of maize grits: I. The role of the glass transition in determining product density and shape. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 31, p. 55-65, 1996a.

GARAU, M. C.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C.; FEMENIA, A. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1014-1024, 2007.

GÓMEZ-PLAZA, E.; MIÑANO, A.; LÓPEZ-ROCA, J. M. Comparison of chromatic properties, stability and antioxidant capacity of anthocyanin-based aqueous extracts from grape pomace obtained from different vinification methods. **Food Chemistry**, v. 97, p. 87-94, 2006.

GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; ESTEBAN-RUANO, S.; SANTOS-BUELGA, C.; PASCUALA-TERESA, S.; RIVAS-GONZALO, J. C. Flavanol content antioxidant activity in winery byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 234-238, 2004.

HANG, Y. D. Management and utilization of food processing wastes. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 3, p. 104-107, 2004.

HASHIMOTO, J. M.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 38, p. 511-517, 2003.

HSIEH, F.; GRENUS, K. M.; HU, L.; HUFF, H. E. Twin-screw extrusion of rice flour with salt and sugar. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 5, p. 493-498, 1993.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; RINCÓN, M.; PULIDO, R.; SAURA-CALIXTO, F. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5489-5493, 2001.

JIN, Z.; HSIEH, F.; HUFF, H. E. Extrusion Cooking of Corn Meal with Soy Fiber, Salt, and Sugar. **Cereal Chemistry**, v. 71, p. 3, p. 227-234, 1994.

KAMMERER, D.; CLAUS, A.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4360-4367, 2004.

KORUS, J.; GUMUL, D.; CZECHOWSKA, K. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant activity of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. **Food Technol. Biotechnol.**, v. 45, n. 2, p. 139-146, 2007.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATAURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.

LI, W.; WEI, C.; WHITE, P. J.; BETA, T. High-Amylose corn exhibits better antioxidant activity than typical and waxy genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 291-298, 2007.

LLOBERA, A.; CAÑELLAS, J. Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. **Food Chemistry**, v. 101, p. 659-666, 2007.

LUE, S.; HSIEH, F.; HUFF, H. E. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: Effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. **Cereal Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 227-234, 1991.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 125-132, 2007a.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Recovery of antioxidant phenolics from white vinification solid by-products employing water/ethanol mixtures. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 2963-2967, 2007b.

MÁRTIN-CARRÓN, N.; GOÑI, I.; LARRAURI, J. A.; GÁRCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. Reduction in serum total and LDL cholesterol concentrations by a dietary fiber and polyphenol-rich grape product in hypercholesterolemi rats. **Nutrition Research**, v. 19, n. 9, p. 1371-1381, 1999.

MEZREB, K.; GOULLIEUX, A.; RALAINIRINA, R.; QUENEUDEC, M. Effect of sucrose on the textural properties of corn and wheat extrudates. **Carbohydrate Polymers**, p. 64, p. 1-8, 2006.

MONAGAS, M.; HERNÁNDEZ-LEDESMA, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Commercial dietary, ingredients from *Vitis vinifera* L. leaves and grape skins: antioxidant and chemical characterization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 319-327, 2006.

MORARU, C. I.; e OKINI, J. L. Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, p. 120-138, 2003.

NABESHIMA, E. H.; MIRANDA, M. Z.; GROSSMANN, M. V. E. Efeito de sal e açúcar nas propriedades de “snacks” com fibra. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, p. 43-46, 1995.

NIST/SEMATECH. **Mixture designs**. In: e-Handbook of statistical methods. (Process improvement: advanced topics). Disponível em: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>>. Acesso em: 6 maio 2010.

ONWULATA, C. I. R. P.; KONSTANCE, P. W. S.; HOLSINGER, V. H. Co-extrusion of dietary fiber and milk proteins in expanded corn products. **LWT**, v. 34, n. 7, p. 424-429, 2001.

PAI, D. A.; BLAKE, O. A.; HAMAKER, B. R.; CAMPANELLA, O. H. Importance of extensional rheological properties on fiber-enriched corn extrudates. **Journal of Cereal Science**, v. 50, p. 227-234, 2009.

PÉREZ, A. A.; DRAGO, S. R.; CARRARA, C. R.; DE GREEF, D. M.; TORRES, R. L.; GONZÁLEZ, R. J. Extrusion cooking of a maize/soybean mixture: factors affecting expanded product characteristics and flour dispersion viscosity. **Journal of Food Engineering**, v. 87, p. 333-340, 2008.

PINELO, M., ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins: significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 579-590, 2006.

RAMASSAMY, C. Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of neurodegenerative diseases: A review of their intracellular targets. **European Journal of Pharmacology**, v. 545, p. 51-64, 2006.

REIS, C.; ANDRADE, J. C. Planejamento experimental para misturas usando cromatografia em papel. **Química Nova**, v. 19, n. 3, p. 313-319, 1996.

ROMERO, R. C.; OSUNA, A. I. L.; ROBLES, R. M.; CASTRO, S. R. M.; MARTÍNEZ, L. L.; LEÓN-GÁLVEZ, R. Caracterización de galletas elaboradas com cascrilla de orujo de uva. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 54, n. 1, p. 1-12, 2004.

ROONEY, L. W.; SUHENDRO, E. L. Food quality of corn. In: LUSAS, E. W.; RONNEY, L. W. (Ed.). **Snack foods processing**. London: Boca Raton, 2001.

RUBERTO, G.; RENDA, A.; DAQUINO, C.; AMICO, V.; SPATAFORA, C.; TRINGALI, C.; DE TOMMASI, N. Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five sicilian red grape cultivars. **Food Chemistry**, v. 100, p. 203-210, 2007.

SAELEAW, M.; SCHLEINING, G. Effect of blending cassava starch, rice, waxy rice and wheat flour on physico-chemical properties of flour mixtures and mechanical and sound emission properties of cassava crackers. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 1, p. 12-24, 2010.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F.; BORDERÍAS, A. J. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 41, p. 42-50, 2008.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F.; BORDERÍAS, A. J. Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies. **Food Chemistry**, v. 101, p. 372-378, 2007.

SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4303-4306, 1998.

SÁYAGO-AYERDI, S. G.; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, p. 971-976, 2009.

SENSOY, I.; ROSEN, R. T.; HO, C. T.; KARWE, M. V. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 99, p. 388-393, 2006.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics sources, chemistry, effects and applications**. 1. ed. Lancaster: Technomic Publishing Co, Inc., 1995. 331 p.

SHRIKHANDE, A. J. Wine by-products with health benefits. **Food Research International**, v. 33, p. 469-474, 2000.

SINGH, S.; GAMLATH, S.; WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 916-929, 2007.

SPRANGER, I.; SUN, B.; MATEUS, A. M.; FREITAS, V.; SILVA, J. M. R. Chemical characterization and antioxidant activities of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from grape seeds. **Food Chemistry**, v. 108, p. 519-532, 2008.

STOJCESKA, V.; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A.; IBANOGLU, E.; IBANOGLU, S. Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 87, p. 554-563, 2008.

TUNGLAND, B.C.; MEYER, D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 3, p. 90-109, 2002.

UBANDO-RIVERA, J.; NAVARRO-OCAÑA, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Mexican lime peel: comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 89, p. 57-61, 2005.

VERGARA-VALENCIA, N.; GRANADOS-PÉREZ, E.; AGAMA-ACEVADO, E.; TOVAR, J.; RUALES, J.; BELLO-PÉREZ. Fibre concentrate from mango fruit: characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 40, p. 722-729, 2007.

YILDIRIM, H. K.; AKÇAY, D.; GUVENÇ, U.; ALTINDISLI, A.; SOZMEN, E. Y. Antioxidant activities of organic grape, pomace, juice, must, wine and their correlation with phenolic content. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 133-142, 2005.

YILMAZ, Y.; TOLEDO, R. T. Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin and gallic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 255-260, 2004.

## CAPÍTULO 1

### MODELAGEM MATEMÁTICA DE SECAGEM EM CAMADA DELGADA DE BAGAÇO DE UVA FERMENTADO

**Resumo:** Neste trabalho foi estudado o comportamento da secagem em camada delgada de bagaço de uva em secador com ar aquecido e realizada a modelagem matemática, utilizando os modelos de secagem citados na literatura. Experimentos de secagem foram conduzidos às temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, com a velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s. Dez diferentes modelos matemáticos de secagem em camada delgada foram comparados, de acordo com os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), qui-quadrado ( $\chi^2$ ), raiz do quadrado médio residual (RQMR) e erro médio relativo (P), todos estimados pelas curvas de secagem. Os efeitos da temperatura de secagem nos coeficientes e nas constantes foram preditos pelos modelos de regressão. O modelo de Page modificado foi selecionado para representar o comportamento da secagem em camada delgada de bagaço de uva. Os coeficientes e as constantes do modelo podem ser explicados pelo efeito da temperatura do ar de secagem.

## MATHEMATICAL MODELING OF THIN-LAYER DRYING OF FERMENTED GRAPE POMACE

**Abstract:** This work studied the behavior of thin-layer drying of grape pomace using a heated air drier and performed mathematical modeling using the drying models cited in the literature. Drying experiments were conducted at temperatures of 50, 60, 70, 80 and 90 °C, with drying air velocity of 1.0 m/s. Ten different mathematical thin-layer drying models were compared, according to the values of the coefficient of determination ( $R^2$ ), qui-square ( $\chi^2$ ), residual mean square root (RMSR) and relative mean error (P), estimated by the drying curves. The effects of drying temperature on the coefficients and on the constants were predicted by the regression models. The modified Page model was selected to represent the behavior of thin-layer drying of grape pomace. The coefficients and constants of the model can be explained by the effect of the drying air temperature.

## 1 Introdução

Em 2008, a produção de uvas no Brasil foi de cerca de 1.400.000 toneladas; deste total, 50,6% destinaram-se à elaboração de vinhos, sucos e outros derivados (MELLO, 2008). Na elaboração do vinho, o bagaço de uva é o seu subproduto que consiste principalmente das cascas e sementes, e representa cerca de 20% do peso original das uvas (KAMMERER *et al.*, 2004; GÓMEZ-PLAZA *et al.*, 2006; LLOBERA; CAÑELLAS, 2007; RUBERTO *et al.*, 2007).

De acordo com Lopez, citado por Dantas *et al.* (2008), o bagaço de uva é formado, em média, por 58% de cascas (48 a 69%), 20% de engaços (14 a 26%) e 22% de sementes (14 a 27%). Este subproduto é rico em compostos fenólicos antioxidantes e pode ser aproveitado com a extração destas substâncias, as quais são empregadas nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêuticas (MAKRIS *et al.*, 2007a). O bagaço de uva possui também grande quantidade de fibras dietéticas, podendo funcionar como ingrediente na elaboração de diversos produtos alimentícios.

Segundo Makris *et al.* (2007b), o bagaço de uva possui um teor de água que pode variar de 55 a 72% em base úmida; sendo, assim, é altamente perecível. A secagem é um dos processos mais importante para a conservação de diversos tipos de alimentos. A remoção da água previne o crescimento e a reprodução de microrganismos, além de minimizar algumas reações físico-químicas de deterioração. Reduções significativas do peso e do volume minimizam os custos com embalagem, transporte e armazenamento, assim como permite o armazenamento à temperatura ambiente (DOYMAZ, 2008). O processo de secagem pode ser uma alternativa para o armazenamento e posterior utilização do bagaço de uva fermentado.

Conforme dados da literatura, os métodos de secagem por convecção com ar aquecido e por liofilização são normalmente utilizados para o bagaço de uva. No entanto, não foi encontrado nenhum trabalho sobre a cinética de secagem de bagaço de uva fermentado (cascas e sementes). Os objetivos deste estudo foram determinar as características de secagem de bagaço de uva fermentado, avaliar vários modelos de secagem em camada delgada disponíveis na literatura e obter as difusividades efetivas e a energia de ativação.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Material**

Foram utilizadas uvas da variedade Isabel (*Vitis labrusca*), produzidas no município de Santa Teresa, Espírito Santo, da safra 2007/2008. As uvas foram recebidas no mesmo dia da colheita, pela Cantina Matiello, localizada no mesmo município, e utilizadas imediatamente para a elaboração do vinho tinto de mesa. Após a pesagem, lavagem e seleção, as uvas passaram pelas etapas de desengace, esmagamento e fermentação. Após sete dias de fermentação, o mosto foi separado das cascas, sementes e algumas ráquis, com a utilização de prensa manual descontínua. O resíduo retido na prensa, denominado bagaço de uva, foi acondicionado em embalagens de polietileno e armazenado sob congelamento, na temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , no mesmo dia em *freezer* horizontal doméstico. O material congelado foi acondicionado em caixas de isopor e transportado para o Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa e armazenado a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### **2.2. Secador experimental**

Os experimentos de secagem foram realizados no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foi utilizado um secador de camada delgada experimental, com ar aquecido (Figura 1). O sistema de aquecimento consistia de cinco resistências elétricas do tipo cônicas (400 W), sendo quatro resistências de 110 V e uma de 220 V. A resistência de 220 V foi ligada a um controlador de temperatura (Fullgauge MT-511R). O sistema elétrico do secador (ventilador, resistências e controlador de temperatura) foi acionado por um quadro com sete disjuntores. Uma chave-geral acionava o controlador de temperatura, outra para acionamento do ventilador e outra para cada uma das resistências. O ventilador centrífugo trifásico foi movido por um motor elétrico, com 0,12 cv, 3.400 rpm e 60 Hz. A câmara de secagem foi formada



Figura 1 – Secador de bandejas por ar aquecido.

por uma estrutura de sustentação para comportar até três bandejas. A velocidade do ar de secagem foi ajustada, por meio da manipulação da válvula de admissão do ar no secador e medida com auxílio de um anemômetro de fio quente.

### **2.3 Procedimento de secagem**

Para determinação da curva de secagem, o bagaço congelado foi submetido ao descongelamento em refrigerador com temperatura média de 8 °C por 24 horas.

Após o descongelamento, cerca de 100 g de bagaço de uva fermentado, na proporção de 70:30 para casca e semente, foram dispostos de forma homogênea em uma bandeja de alumínio com fundo telado em malha fina. A espessura do bagaço foi cerca de 0,01 m. O secador foi colocado em funcionamento sem carga, durante 30 minutos, para uniformização da temperatura do ar de secagem.

Foram realizados ensaios em cinco temperaturas de secagem: 50, 60, 70, 80 e 90 °C, e velocidade de ar de 1,0 m/s, com três repetições para cada temperatura, totalizando 15 ensaios. O peso de bandeja contendo o bagaço

de uva foi tomado em intervalos de 5 minutos durante a primeira hora de secagem, de 10 minutos durante a segunda hora, de 20 minutos durante a terceira hora e a cada 30 minutos a partir de então, até que não houvesse variação significativa na massa da amostra (peso constante). As pesagens ocorreram em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. No final da secagem uma parte da amostra foi retirada para determinação da matéria seca, em estufa a 105 °C (AOAC, 1995).

## 2.4 Modelos de secagem em camada delgada

Aos dados experimentais de secagem do bagaço de uva fermentado em diferentes temperaturas foram ajustados em dez modelos de secagem em camada delgada (Tabela 1). A razão de umidade (RU) foi calculada usando a seguinte equação:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_o - U_e} \quad (1)$$

em que

U = umidade em determinado tempo (em base seca);

$U_e$  = umidade de equilíbrio (em base seca); e

$U_o$  = Umidade inicial (em base seca).

A taxa de secagem do bagaço de uva fermentado foi calculado usando a equação 2:

$$\text{Taxa de secagem} = \frac{U_{t+dt} - U_t}{dt} \quad (2)$$

em que

$U_t$  = Umidade no tempo t (em base seca);

$U_{t+dt}$  = Umidade no tempo t + dt (em base seca); e

t = tempo.

Tabela 1 – Modelos ajustados aos dados de secagem

Nº	Nome do Modelo	Equação
1	Newton	$RU = \exp(-kt)$
2	Page	$RU = \exp(-kt^n)$
3	Page modificado	$RU = \exp[-(kt)^n]$
4	Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-kt)$
5	Logarítmico	$RU = a \exp(-kt) + c$
6	Dois termos	$RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$
7	Aproximação da difusão	$RU = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$
8	Verma <i>et al.</i>	$RU = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-k_1t)$
9	Henderson e Pabis modificado	$RU = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0t) + c \exp(-k_1t)$
10	Dois termos exponencial	$RU = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$

Fonte: Akpınar *et al.* (2003).

em que  $k, k_0, k_1$  = constantes de secagem,  $\text{min}^{-1}$ ;  $a, b, c, n$  = coeficientes dos modelos; e  $t$  = tempo de secagem, em minutos.

## 2.5 Coeficientes de determinação e análise dos erros

Os ajustes dos modelos matemáticos testados (Tabela 1) foram avaliados com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o valor de qui-quadrado ( $\chi^2$ ), a raiz do quadrado médio residual (RQMR) e o erro médio relativo (P). Os maiores valores de  $R^2$  e os menores valores de  $\chi^2$  e RQMR indicam os melhores ajustes dos modelos. Enquanto a RQMR e o  $\chi^2$  comparam as diferenças entre a razão de umidade experimental e a razão de umidade predita, o erro médio relativo compara as diferenças absolutas entre o teor de água predito com o teor de água experimental durante a secagem (ROBERTS *et al.*, 2008). Os valores de  $\chi^2$  e RQMR são calculados da seguinte forma:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (RU_{exp,i} - RU_{pre,i})^2}{N - n} \quad (3)$$

$$RQMR = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RU_{pre,i} - RU_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

em que

$RU_{exp,i}$  = i-ésima razão de umidade experimental;

$RU_{pre,i}$  = i-ésima razão de umidade predita pelo modelo ajustado;

$N$  = número de observações; e

$n$  = número de parâmetros do modelo.

O erro médio relativo (P) foi calculado com a utilização da fórmula:

$$P = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{U_{exp,i} - U_{pre,i}}{U_{exp,i}} \quad (5)$$

em que

$U_{exp,i}$  = i-ésimo teor de água experimental em base seca;

$U_{pre,i}$  = i-ésimo teor de água predito pelo modelo ajustado em base seca; e

$N$  = número de observações.

Um erro médio relativo abaixo de 10% indica um bom ajuste do modelo (MOHAPATRA; RAO, 2005).

## 2.6 Determinação da difusividade efetiva

A segunda lei de Fick foi utilizada para descrever o comportamento da secagem. A solução para a segunda lei de Fick para placas planas, assumindo que a migração da umidade ocorre somente por difusão, que o encolhimento é insignificante, e os coeficientes de difusão e a temperatura são constantes fica:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp\left(\frac{-(2i+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right) \quad (6)$$

Para longos períodos de secagem, a equação 6 pode ser simplificada para somente o primeiro termo da série, ficando:

$$\ln RU = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L^2} \cdot t \quad (7)$$

em que

$D_{ef}$  = Difusividade efetiva ( $m^2/s$ ); e

$L$  = semiespessura da camada do bagaço de uva (m).

As difusividades efetivas foram determinadas plotando os dados de secagem experimental em termos do logaritmo natural da razão de umidade pelo tempo de secagem da equação 7. O gráfico resultante fornece uma reta de inclinação:

$$\text{Inclinação} = \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L^2} \quad (8)$$

## 2.7 Determinação da energia de ativação

A dependência da difusividade efetiva com a temperatura foi expressa por uma relação do tipo equação de Arrhenius, como segue:

$$D_{ef} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (9)$$

em que

$D_0$  = fator preexponencial da equação de Arrhenius ( $m^2/s$ );

$E_a$  = energia de ativação (kJ/mol);

$R$  = constante universal dos gases (kJ/mol.K); e

$T$  = temperatura absoluta (K).

Da inclinação da reta do  $\ln D_{ef}$  pelo o recíproco da temperatura (K), conforme descrito pela equação de Arrhenius, a energia de ativação foi calculada.

As variáveis razão de umidade e tempo de secagem foram ajustadas por meio do procedimento de Quasi-Newton, implementado sobre o programa STATISTICA, versão 6 (STATSOFT, 1998), para os modelos lineares e não lineares.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Análises das características de secagem do bagaço de uva

O conteúdo de umidade inicial do bagaço de uva após o descongelamento foi cerca de  $2,21 \pm 0,03$  g de água/g de matéria seca. A umidade de equilíbrio (g de água/g de matéria seca) foi de  $0,063 \pm 0,001$ ,  $0,057 \pm 0,001$ ,  $0,047 \pm 0,001$ ,  $0,045 \pm 0,002$  e  $0,038 \pm 0,001$ , para as temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, respectivamente. A razão de umidade *versus* o tempo para o bagaço de uva fermentado está demonstrada na Figura 2. O tempo necessário para atingir a umidade de equilíbrio para o bagaço de uva fermentado foi de 840, 600, 420, 330 e 270 minutos, para as temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, respectivamente. A diminuição do tempo de secagem com o aumento da temperatura também foi observado por LARRAURI *et al.* (1997), na secagem de casca de bagaço de uva.

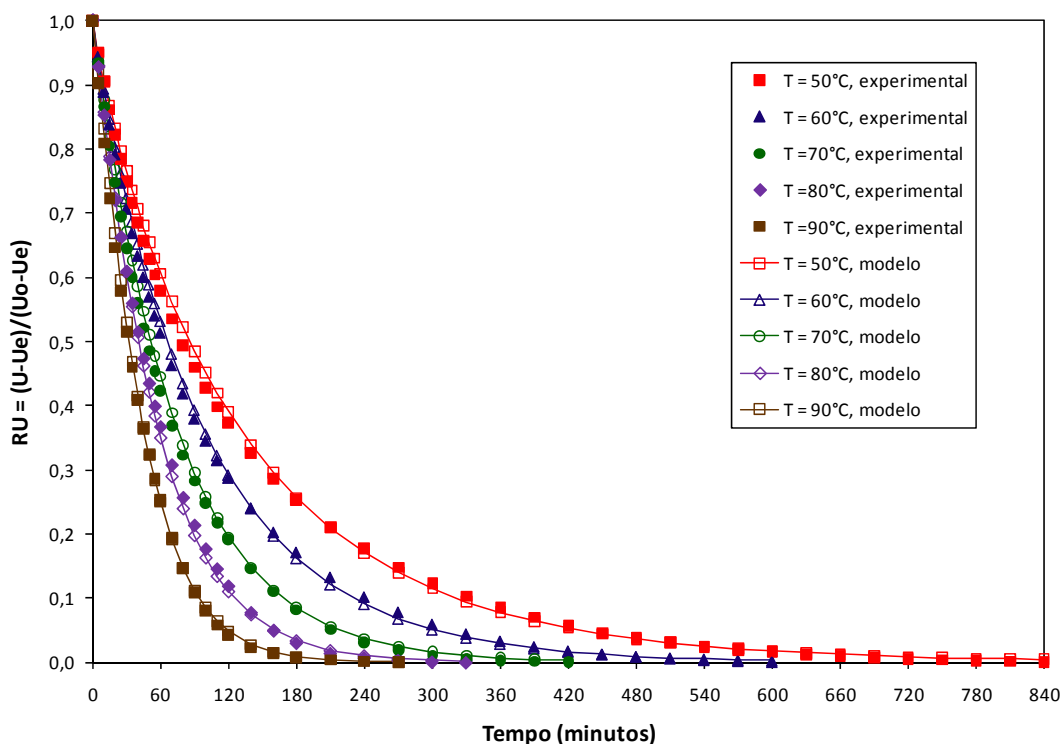


Figura 2 – Curvas de secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado experimental e preditas pelo modelo de Page modificado, em diferentes temperaturas.

A redução no tempo de secagem para cada intervalo de 10 °C na faixa de temperatura estudada, de 50 a 90 °C, foi de 28,6, 30,0, 21,4 e 18,2%. A maior redução no tempo de secagem ocorreu no intervalo de temperatura entre 60 e 70 °C, com 30,0%. Na Figura 2, as curvas de secagem também mostram que a razão de umidade diminui continuamente com o processo de secagem, e levou cerca de 90% do tempo de secagem total para remover a última metade da razão de umidade com o processo de difusão diminuindo lentamente.

As mudanças na taxa de secagem ( $t_s$ ) *versus* o tempo de secagem ( $t$ ) podem ser visto na Figura 3. Pode-se notar que a “ $t_s$ ” diminui continuamente com “ $t$ ”. Não foi observado nenhum período de secagem à taxa constante, o que indica que todo o processo ocorreu no período de taxa decrescente. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por PANCHARIYA *et al.* (2002), BABALLIS *et al.* (2006) e DOYMAZ (2008), na secagem de chá preto, figo e morango, respectivamente. A “ $t_s$ ” aumentou com o aumento de temperatura do ar de secagem e o maior valor da “ $t_s$ ” foi obtido no experimento em temperatura de 90 °C nos primeiros 60 minutos de secagem. Após 90 minutos, a “ $t_s$ ” a 90 °C atingiu um valor menor do que as temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. A “ $t_s$ ” diminui continuamente com a diminuição do teor de água ou com o aumento do tempo de secagem (SACILIK; ELICIN, 2006). A remoção da umidade no interior da camada de bagaço de uva a 90 °C é maior e mais rápida que as outras temperaturas nos primeiros 60 minutos; em seguida, após 90 minutos, torna-se menor que as outras. Tendo em vista que a migração para a superfície da umidade e a taxa de evaporação da superfície para o ar diminui com a redução da umidade do produto, a “ $t_s$ ” obviamente diminui. O tempo de secagem é menor quando a temperatura é maior, o qual é explicado pelo aumento da “ $t_s$ ” (AKPINAR *et al.*, 2003). Este comportamento é em virtude do aumento do potencial de transferência de calor entre o ar e a camada de bagaço de uva.

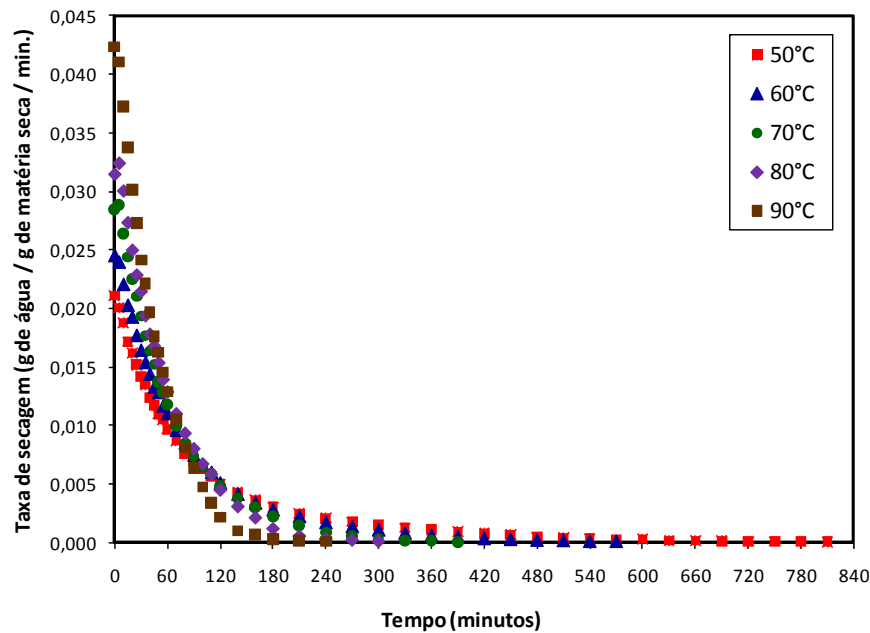


Figura 3 – Taxa de secagem em função do tempo de secagem do bagaço de uva fermentado em diferentes temperaturas.

### 3.2. Ajustes das curvas de secagem

Os dados do teor de água obtidos nas diferentes temperaturas do experimento foram convertidos na razão de umidade e ajustados para os dez modelos da Tabela 2. Os resultados obtidos dos diferentes modelos, incluindo os coeficientes dos modelos de secagem e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para cada modelo estão listados na Tabela 2. A avaliação estatística dos diferentes modelos, incluindo os critérios de comparação utilizados para avaliar os melhores ajustes, a saber,  $\chi^2$ , RQMR e P, estão listados na Tabela 3.

Em todos os casos, os valores de  $R^2$  foram maiores que 0,9215 (Tabela 2). Os maiores valores médios de  $R^2$  (acima de 0,9988) foram obtidos para os modelos de Page, Page modificado, aproximação da difusão e Verma *et al.*, com valores médios de  $\chi^2$  e RQMR abaixo de  $2,53 \times 10^{-4}$  e 0,0149, respectivamente (Tabela 3.). Esses quatro modelos também apresentaram menores valores nos percentuais de erro médio, com valores inferiores ou ligeiramente superiores a 10%, indicando, de acordo com MOHAPATRA e RAO (2005), serem adequados para a descrição deste

Tabela 2 – Resultados obtidos de diferentes modelos de secagem testados

Modelo	T(°C)	Constantes	R <sup>2</sup>
Newton	50	k = 0,00787	0,9959
	60	k = 0,01072	0,9973
	70	k = 0,01423	0,9996
	80	k = 0,01692	0,9987
	90	k = 0,02285	0,9986
Page	50	k = 0,01348 n = 0,88521	0,9977
	60	k = 0,01546 n = 0,91666	0,9982
	70	k = 0,01561 n = 0,97785	0,9997
	80	k = 0,01393 n = 1,04822	0,9990
	90	k = 0,01700 n = 1,07738	0,9993
Page modificado	50	k = 0,00771 n = 0,88525	0,9977
	60	k = 0,01058 n = 0,91668	0,9982
	70	k = 0,01421 n = 0,97790	0,9997
	80	k = 0,01695 n = 1,04828	0,9990
	90	k = 0,02278 n = 1,07743	0,9993
Henderson e Pabis	50	k = 0,00738 n = 0,96187	0,9967
	60	k = 0,01031 n = 0,97469	0,9976
	70	k = 0,01412 n = 0,99418	0,9996
	80	k = 0,01720 n = 1,01291	0,9988
	90	k = 0,02336 n = 1,01971	0,9988
Logarítmico	50	k = 0,00769 n = 0,01285 a = 0,95502	0,9969
	60	k = 0,01063 n = 0,01051 a = 0,96863	0,9978
	70	k = 0,01410 n = -0,00050 a = 0,99448	0,9996
	80	k = 0,01661 n = -0,01371 a = 1,02176	0,9990
	90	k = 0,02246 n = -0,01536 a = 1,02939	0,9991
Dois termos	50	a = -0,00403 b = 0,00000	0,9230
	60	a = -0,00582 b = 0,00001	0,9215
	70	a = -0,00834 b = 0,00002	0,9402
	80	a = -0,01040 b = 0,00002	0,9574
	90	a = -0,01319 b = 0,00004	0,9422
Aproximação da difusão	50	k = 0,02228 a = 0,21993 b = 0,27322	0,9978
	60	k = 0,02520 a = 0,21693 b = 0,34345	0,9983
	70	k = 0,04223 a = 0,04585 b = 0,32265	0,9997
	80	k = 0,02297 a = -16,29861 b = 0,98177	0,9991
	90	k = 0,03276 a = -78,87201 b = 0,99516	0,9994
Verma <i>et al.</i>	50	k = 0,02230 a = 0,21973 k <sub>1</sub> = 0,00609	0,9978
	60	k = 0,00866 a = 0,78308 k <sub>1</sub> = 0,02520	0,9983
	70	k = 0,01363 a = 0,95398 k <sub>1</sub> = 0,04205	0,9997
	80	k = 0,01161 a = -1,89805 k <sub>1</sub> = 0,01322	0,9991
	90	k = 0,01519 a = -2,68523 k <sub>1</sub> = 0,01696	0,9993
Henderson e Pabis modificado	50	k = 0,02303 a = 0,21785 b = 0,39434 c = 0,39043 k <sub>0</sub> = 0,00610 k <sub>1</sub> = 0,00610	0,9978
	60	k = 0,00861 a = 0,04390 b = 0,74756 c = 0,21118 k <sub>0</sub> = 0,00870 k <sub>1</sub> = 0,02630	0,9983
	70	k = 0,01362 a = 0,86609 b = 0,08900 c = 0,04876 k <sub>0</sub> = 0,01359 k <sub>1</sub> = 0,04710	0,9997
	80	k = 0,01719 a = 0,33755 b = 0,33755 c = 0,33755 k <sub>0</sub> = 0,01719 k <sub>1</sub> = 0,01719	0,9988
	90	k = 0,02342 a = 0,34248 b = 0,33850 c = 0,33850 k <sub>0</sub> = 0,02333 k <sub>1</sub> = 0,02332	0,9988
Dois termos exponencial	50	k = 0,01777 a = 0,31525	0,9977
	60	k = 0,20883 a = 0,04770	0,9978
	70	k = 1,47420 a = 0,00953	0,9997
	80	k = 4,32885 a = 0,00389	0,9987
	90	k = 6,50535 a = 0,00350	0,9985

Tabela 3 – Avaliação dos modelos preditos

Modelo	T(°C)	$\chi^2$	RQMR	P
Newton	50	$8,78 \cdot 10^{-4}$	0,0295	10,76
	60	$5,56 \cdot 10^{-4}$	0,0235	7,81
	70	$7,35 \cdot 10^{-5}$	0,0085	4,71
	80	$2,47 \cdot 10^{-4}$	0,0156	11,76
	90	$2,63 \cdot 10^{-4}$	0,0161	13,32
Page	50	$4,98 \cdot 10^{-4}$	0,0222	10,08
	60	$3,73 \cdot 10^{-4}$	0,0191	8,03
	70	$6,17 \cdot 10^{-5}$	0,0078	5,73
	80	$1,94 \cdot 10^{-4}$	0,0137	7,94
	90	$1,37 \cdot 10^{-4}$	0,0116	6,18
Page modificado	50	$4,98 \cdot 10^{-4}$	0,0222	10,08
	60	$3,73 \cdot 10^{-4}$	0,0191	8,03
	70	$6,17 \cdot 10^{-5}$	0,0078	5,73
	80	$1,94 \cdot 10^{-4}$	0,0137	7,94
	90	$1,37 \cdot 10^{-4}$	0,0116	6,17
Henderson e Pabis	50	$7,08 \cdot 10^{-4}$	0,0264	8,99
	60	$4,85 \cdot 10^{-4}$	0,0218	6,80
	70	$7,03 \cdot 10^{-5}$	0,0083	4,88
	80	$2,30 \cdot 10^{-4}$	0,0150	10,92
	90	$2,26 \cdot 10^{-4}$	0,0148	11,82
Logarítmico	50	$6,67 \cdot 10^{-4}$	0,0255	13,83
	60	$4,61 \cdot 10^{-4}$	0,0212	11,11
	70	$7,11 \cdot 10^{-5}$	0,0083	4,57
	80	$1,97 \cdot 10^{-4}$	0,0138	7,95
	90	$1,76 \cdot 10^{-4}$	0,0130	13,43
Dois termos	50	$4,86 \cdot 10^{-4}$	0,1256	9,81
	60	$3,66 \cdot 10^{-4}$	0,1233	8,37
	70	$5,99 \cdot 10^{-5}$	0,1059	5,64
	80	$2,36 \cdot 10^{-4}$	0,0898	11,01
	90	$2,33 \cdot 10^{-4}$	0,1023	11,78
Aproximação da difusão	50	$4,82 \cdot 10^{-4}$	0,0217	9,85
	60	$3,63 \cdot 10^{-4}$	0,0188	8,40
	70	$6,01 \cdot 10^{-5}$	0,0076	5,62
	80	$1,87 \cdot 10^{-4}$	0,0134	6,90
	90	$1,25 \cdot 10^{-4}$	0,0110	5,01
Verma <i>et al.</i>	50	$4,82 \cdot 10^{-4}$	0,0217	9,85
	60	$3,63 \cdot 10^{-4}$	0,0188	8,40
	70	$6,01 \cdot 10^{-5}$	0,0076	5,62
	80	$1,81 \cdot 10^{-4}$	0,0132	6,32
	90	$1,36 \cdot 10^{-4}$	0,0114	10,73
Henderson e Pabis modificado	50	$4,93 \cdot 10^{-4}$	0,0217	9,82
	60	$3,73 \cdot 10^{-4}$	0,0188	8,37
	70	$6,14 \cdot 10^{-5}$	0,0076	5,64
	80	$2,43 \cdot 10^{-4}$	0,0150	10,95
	90	$2,40 \cdot 10^{-4}$	0,0148	11,84
Dois termos exponencial	50	$4,88 \cdot 10^{-4}$	0,0219	11,99
	60	$4,44 \cdot 10^{-4}$	0,0209	6,36
	70	$6,89 \cdot 10^{-5}$	0,0082	4,99
	80	$2,63 \cdot 10^{-4}$	0,0160	12,10
	90	$2,82 \cdot 10^{-4}$	0,0166	13,70

fenômeno. Os modelos de aproximação da difusão e de Verma *et al.* são modelos de três coeficientes, enquanto os modelos de Page e Page modificado apresentam apenas dois coeficientes, “k” e “n”, sendo, portanto, preferidos pela sua simplicidade e pelo número de coeficientes. No entanto, somente no modelo de Page modificado estes coeficientes indicaram uma correlação com a faixa de temperatura estudada, apresentando valores crescentes com o aumento da temperatura. Assim, o modelo de Page modificado foi selecionado para representar o comportamento da secagem em camada delgada de bagaço de uva.

Com o intuito de avaliar o efeito da temperatura de secagem nos coeficientes “k” e “n” do modelo de Page modificado, análises de regressão foram realizadas para avaliar a relação entre estes parâmetros e a temperatura. Deste modo, as equações de regressão destes parâmetros com a temperatura e os modelos obtidos são os seguintes:

$$RU = \exp\left[-(kt)^n\right] \quad (10)$$

em que

$$k = -0,0000078 + 0,00014T - 0,00000078T^2 + 0,000000022T^3 \quad R^2 = 0,9987 \quad (11)$$

$$n = \frac{0,0000056 + 0,14T}{1 + 0,16T - 0,00052T^2}, \quad R^2 = 0,9999 \quad (12)$$

Assim:

$$RU = \exp\left[-\left(\left(-7,8 \times 10^{-6} + 1,4 \times 10^{-4}T - 7,8 \times 10^{-6}T^2 + 2,2 \times 10^{-8}T^3\right) \times t\right)^{\frac{5,6 \times 10^{-6} + 0,14T}{1 + 0,16T - 5,2 \times 10^{-4}T^2}}\right] \quad (13)$$

A consistência do modelo e as relações entre os coeficientes e a temperatura de secagem foram evidentes com  $R^2 = 0,9983$ ; e  $\chi^2 = 0,00037$  RMSE = 0,0192.

A Figura 4 mostra a comparação entre a razão de umidade experimental em diferentes temperaturas de secagem e predita pelo modelo de Page modificado (Eq. 13). Como pode ser visto, os pontos estão bem próximos a uma linha reta de 45°, representando uma excelente concordância entre os dados experimentais e calculados pelo modelo.

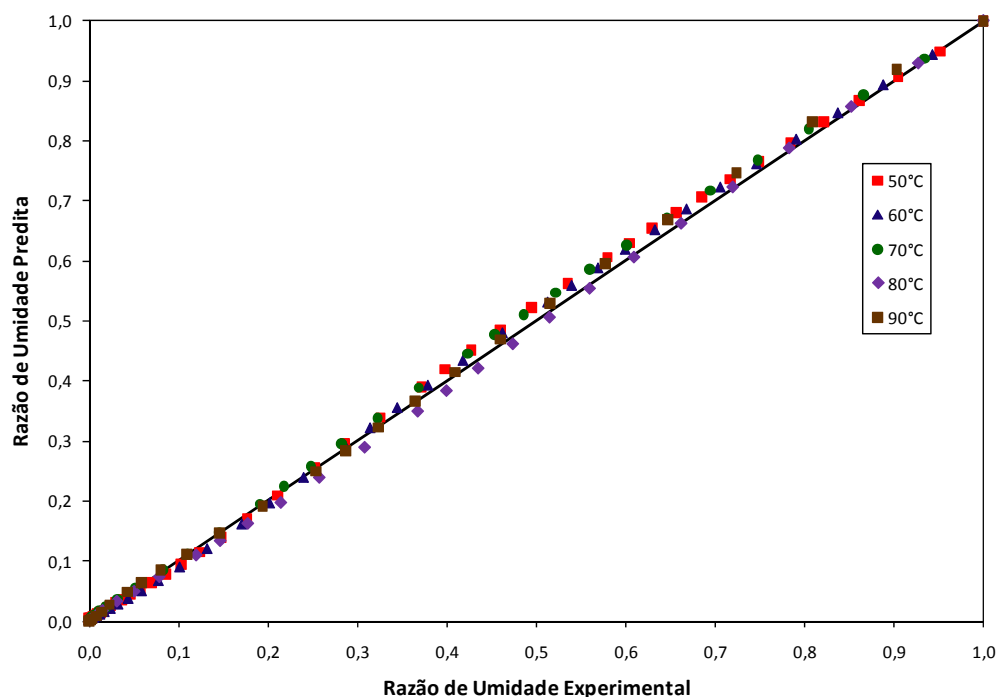


Figura 4 – Valores da razão de umidade experimental e predito pelo modelo de Page modificado em diferentes temperaturas.

Assim, a razão de umidade do bagaço de uva fermentado em qualquer tempo, durante o processo de secagem em camada delgada, pode ser estimado com maior precisão com a utilização desta expressão, conforme pode ser observado na Figura 4.

### 3.3. Determinação da difusividade efetiva

Os resultados experimentais mostraram que a resistência à transferência de massa interna controla o tempo de secagem, em virtude da presença de um período de secagem a taxa decrescente (WANG *et al.*, 2007). Portanto, os valores da difusividade efetiva em diferentes temperaturas podem ser obtidas por meio das equações 7 e 8. Os valores da difusividade efetiva, em  $m^2/s$ , foram de  $1,0091 \times 10^{-9}$ ;  $1,3250 \times 10^{-9}$ ;  $1,8148 \times 10^{-9}$ ; e  $2,1987 \times 10^{-9}$  e  $3,0421 \times 10^{-9}$ , para as temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, respectivamente. Estes valores indicam qual a velocidade com que a água sai do produto em estudo. Como era esperado, os valores da difusividade efetiva aumentaram com o aumento da temperatura. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Wang *et al.* (2007) na

secagem de bagaço de maçã, em que obteve valores de difusividade efetiva na faixa de  $1,9082 \times 10^{-9}$  a  $3,9346 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s para temperaturas de 75 a 105 °C. Roberts *et al.* (2008) também observaram este efeito para a secagem de semente de uva de três variedades diferentes, obtendo valores de Def (m<sup>2</sup>/s) menores, na ordem de  $1,57 \times 10^{-10}$  a  $8,03 \times 10^{-10}$  para temperaturas de 40 a 60 °C. Estes resultados de difusividades efetivas menores, na ordem de  $10^{-10}$ , podem ser explicados pela composição do bagaço de uva no presente trabalho, constituído de 30% de sementes e o restante de cascas.

### 3.4 Determinação da energia de ativação

O logarítmico natural de Def, em função do recíproco da temperatura absoluta, foi plotado na Figura 5. O resultado demonstrou uma relação linear derivada da equação de Arrhenius. Da inclinação da reta obteve-se o valor de energia de ativação de 26,440 kJ/mol. Wang *et al.* (2007) obtiveram um valor próximo, 24,512 kJ/mol para a energia de ativação do bagaço de maçã. Roberts *et al.* (2008) obtiveram valores de energia de ativação na faixa de 30 a 40 kJ/mol na secagem de semente de bagaço de uva de três variedades diferentes. Os maiores valores de energia de ativação, para a semente, conseqüentemente com menor difusividade efetiva, obtidos por estes autores, podem ser justificados pela estrutura da semente apresentar maior resistência interna a transferência de massa que a casca.

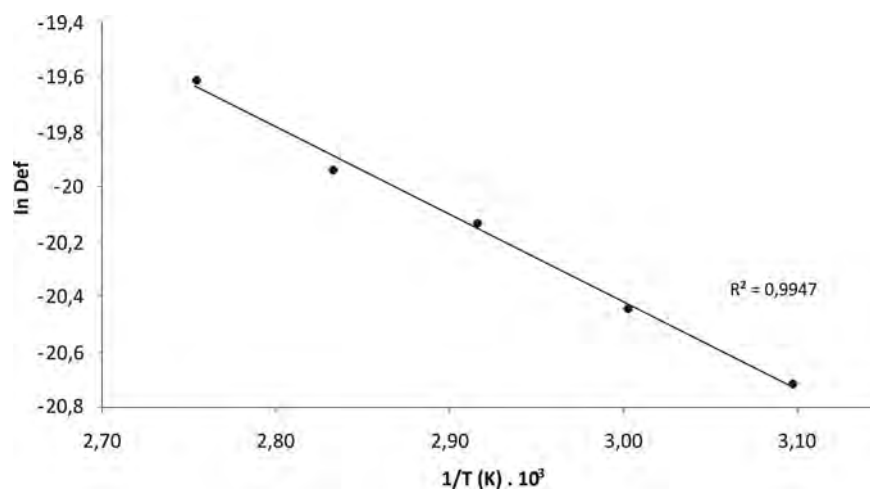


Figura 5 – Efeito da temperatura na difusividade efetiva de bagaço de uva fermentado.

## 4 Conclusões

Este estudo mostrou que a secagem de bagaço de uva pode ser melhor predita pelos modelos com dois parâmetros de Page e Page modificado, e os modelos com três parâmetros da aproximação da difusão e Verma *et al.* Dentre estes quatro modelos, o modelo de Page modificado foi selecionado para representar o comportamento da secagem em camada delgada de bagaço de uva por ser mais simples e apresentar o melhor ajuste global. O tempo de secagem do bagaço de uva diminuiu e a difusividade efetiva aumentou com o aumento da temperatura de secagem. Todo o processo de secagem do bagaço de uva ocorreu no período de taxa decrescente, não havendo, portanto, período de taxa constante de secagem. Os valores médios da difusividade efetiva variaram de  $1,0091 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $3,0421 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  para a secagem de bagaço de uva nas temperaturas entre 50 e 90 °C. A dependência da temperatura pela difusividade efetiva foi descrita pela equação de Arrhenius, com um valor de energia de ativação de 24,512 kJ/mol. A relação entre a razão de umidade e o tempo de secagem em camada delgada de bagaço de uva foi determinada, e pode ser aplicada na elaboração de projetos ou aperfeiçoamento de equipamentos utilizados para a secagem deste material.

## 5 Referências bibliográficas

AKPINAR, E. K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 99-104, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington, 1995.

BABALIS, S. J.; PAPANICOLAOU, E.; KYRIAKIS, N.; BELESSIOTIS, V. G. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, p. 205-214, 2006.

DANTAS, F. R.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; GONZAGA NETO, S.; TOSTO, M. L. Composição química e características fermentativas de silagens de maniçoba (*Manihot* sp.) com porcentuais de co-produto de vitivinícolas desidratado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, p. 247-257, 2008

DOYMAZ, I. Convective drying kinetics of strawberry. **Chemical Engineering and Processing**, v. 47, p. 914-919, 2008.

GÓMEZ-PLAZA, E.; MIÑANO, A.; LÓPEZ-ROCA, J. M. Comparison of chromatic properties, stability and antioxidant capacity of anthocyanin-based aqueous extracts from grape pomace obtained from different vinification methods. **Food Chemistry**, v. 97, p. 87-94, 2006.

KAMMERER, D.; CLAUS, A.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4360-4367, 2004

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LLOBERA, A.; CAÑELLAS, J. Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. **Food Chemistry**, v. 101, p. 659-666, 2007.

MELLO, L. M. R. **Viticultura brasileira**: Panorama 2008. Embrapa Uva e Vinho, 2008 (Artigo técnico).

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Recovery of antioxidant phenolics from white vinification solid by-products employing water/ethanol mixtures. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 2963-2967, 2007a.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p.125-132, 2007b.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 513-518, 2005.

PANCHARIYA, P. C.; D. POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modelling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 349-357, 2002.

ROBERTS, J. S.; KIDD, D. R.; PADILLA-ZAKOUR, O. Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 4, p. 460-465, 2008.

RUBERTO, G.; RENDA, A.; DAQUINO, C.; AMICO, V.; SPATAFORA, C.; TRINGALI, C.; DE TOMMASI, N. Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five sicilian red grape cultivars. **Food Chemistry**, v. 100, p. 203-210, 2007.

SACILIK, K.; ELICIN, A. K. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 281-289, 2006.

STATSOFT INC. **Statistica for Windows**, version 6.0, 2300 East 14<sup>th</sup> Street, Tulsa, OK, 74104, USA, 1998.

WANG, Z.; SUN, J.; LIAO, X.; CHEN, F.; ZHAO, G.; WU, J.; HU, X. Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace. **Food Research International**, v. 40, p. 39-46, 2007.

## CAPÍTULO 2

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHA DE BAGAÇO DE UVA DA VARIEDADE ISABEL (*Vitis Labrusca*)

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo a obtenção, caracterização físico-química e a capacidade antioxidante da farinha de bagaço de uva da variedade Isabel (*Vitis Labrusca*) e de suas frações (casca e semente), visando sua possibilidade de aproveitamento como uma fibra dietética antioxidante em produtos de panificação, confeitaria e extrusados. Para obtenção da farinha, o bagaço de uva foi obtido de uma cantina vinícola e desidratado em secador vertical por ar aquecido a 60 °C, separado em três materiais: bagaço de uva (FB), e suas frações: casca (FC) e semente (FS), cada um deles sendo em seguida triturados e peneirados. Foram realizadas as determinações de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, fibra bruta, carboidratos, compostos fenólicos totais (Folin-Ciocateau) e atividade antioxidante (ABTS) para os três materiais. Determinação de pH e análise microbiológica (*Bacillus cereus*, coliformes a 45 °C, *Salmonella* e bolores e leveduras) foram realizadas na farinha de bagaço de uva (FB). Os resultados mostraram que a farinha de bagaço de uva obtida possui alto teor de fibras (21,89 g . 100g<sup>-1</sup> de amostra b.s.), com alta capacidade antioxidante (188 μmol Trolox.g<sup>-1</sup> de amostra b.s.). As análises microbiológicas mostraram que a farinha de bagaço de uva é segura para o consumo humano. A fração semente possui o maior conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante.

**PHYSICO-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION, AND  
ANTIOXIDANT CAPACITY OF POMACE FLOUR OF THE GRAPE  
VARIETY ISABEL (*Vitis Labrusca*)**

**Abstract:** This work aimed to obtain the physico-chemical characterization and antioxidant capacity of the pomace flour of the grape variety Isabel (*Vitis Labrusca*) and its fractions (skin and seed), aiming at its possible use as antioxidant dietary fiber in bakery and extruded products. To obtain the flour, the grape pomace was obtained from a wine production facility, dehydrated in a vertical drier by air heated at 60 °C, and separated into three materials: grape pomace, and its fractions: skin and seed, with each being later ground and sieved. Determinations of humidity, proteins, lipids, ashes, crude fiber, carbohydrates, total phenolic compounds (Folin-Ciocateau) and antioxidant activity (ABTS) were carried out for the three materials. Also, pH determination and microbiological analysis (*Bacillus cereus*, coliforms at 45 °C, *Salmonella* and molds and yeast) were carried out in the grape pomace flour. The results showed that grape pomace flour has a high fiber contents (21.89 g . 100g<sup>-1</sup> of sample d.b.), with high antioxidant capacity (188 μmol Trolox.g<sup>-1</sup> of sample d.b.). The microbiological analyses showed that grape pomace flour is safe for human consumption. The seed fraction has the highest content of total phenolic compounds and antioxidant capacity.

## 1 Introdução

O bagaço da uva, subproduto da elaboração de vinho, consiste de um resíduo com elevado teor de fibras e compostos fenólicos, dependendo do tipo de uva (tinta ou branca), da parte da fruta (casca, semente, etc.), assim como das condições de processamento (LLOBERA; CAÑELLAS, 2008).

Atualmente, vários estudos têm evidenciado os efeitos benéficos dos polifenóis da uva e do vinho para a saúde humana (RAMASSAMY, 2006; SPRANGER *et al.*, 2008). As propriedades antioxidantes destes compostos podem exercer uma função protetora para doenças cardiovasculares, inflamatórias e câncer (SPIGNO; DE FAVARI, 2007).

Além dos efeitos benéficos para a saúde, por atuar no metabolismo de lipídeos, a adição de compostos fenólicos em alimentos pode agir como antioxidantes naturais, prevenindo ou retardando a oxidação de lipídeos (SÁNCHEZ-ALONSO *et al.*, 2008). Por também serem ricos em fibras dietéticas, os resíduos da vinificação também podem ser utilizados para o enriquecimento de alimentos com baixo teor de fibras. SAURA-CALIXTO (1998) definiu o produto que combina em um único material os efeitos fisiológicos das fibras dietéticas e substâncias antioxidantes, como fibra dietética antioxidante.

Estudos recentes foram realizados com a utilização do bagaço de uva na elaboração de cookies e *snacks* (ROMERO *et al.*, 2004; ALTAN, McCARTHY; MASKAN, 2008), assim como na elaboração de produtos derivados de pescados e de frangos, para inibição da oxidação lipídica (SÁNCHEZ-ALONSO *et al.*, 2007; SÁNCHEZ-ALONSO *et al.*, 2008; SÁYAGO-AYERDI *et al.*, 2009).

A distribuição quantitativa e qualitativa dos polifénóis no bagaço de uva pode mostrar diferenças significativas, dependendo de diversos fatores, como as diferenças varietais, a localização das culturas e dos procedimentos de vinificação (RUBERTO *et al.*, 2007).

O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade de utilização do bagaço de uva fermentado como um ingrediente para alimentos, na forma de farinha, visando o aproveitamento industrial deste resíduo como fibra dietética antioxidante. A composição centesimal, o

conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante da farinha do bagaço de uva (cascas e sementes) e de seus componentes separados: cascas e sementes foram determinadas.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Material**

A matéria-prima foi obtida conforme metodologia descrita no capítulo 1.

### **2.2 Métodos**

#### **2.2.1 Obtenção da farinha de bagaço de uva**

A desidratação do bagaço de uva foi realizada no laboratório de alimentos do Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Santa Teresa* (Figura 1). O bagaço de uva (cascas, sementes e algumas ráquis) foi desidratado em secador com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C até umidade de 6% (cerca de 18 horas). Parte do material desidratado foi separado e, em seguida, peneirado para a obtenção das frações casca e semente. As amostras (bagaço, casca e semente) foram trituradas em moinho de facas e peneirado em malha com abertura de 0,853 mm, obtendo, assim, a farinha de bagaço de uva (FB), a fração casca (FC) e a fração semente (FS). As amostras foram armazenadas a -18 °C até sua utilização.

#### **2.2.2 Composição centesimal**

A composição centesimal foi realizada para os três materiais (FB, FC e FS). O conteúdo de umidade foi determinado segundo método oficialmente descrito pela AOAC (1995), usando-se estufa com circulação de ar à 105 °C por 8 horas. O teor de proteínas foi determinado segundo método oficialmente descrito pela AOAC (1995), empregando-se o método de micro-Kjeldal. O conteúdo de lipídeos foi determinado em extrator de Soxhlet,



Figura 1 – Obtenção e desidratação do bagaço de uva. 1 e 2 = uva Isabel *in natura*; 3 a 5 = desengaço, retirada das ráquis ou do engaço (parte herbácea da uva); 6 e 7 = fermentação; 8 e 9 = prensa manual; 10 e 11 = desidratação do bagaço de uva (60 °C/ 18 horas até umidade final de 6 a 7%; e 12 = bagaço de uva desidratado.

utilizando-se éter de petróleo para a extração, de acordo com a metodologia da AOAC (1995). A quantidade de cinzas foi determinada em mufla a 550 °C, até peso constante, segundo metodologia da AOAC (1995). O conteúdo de fibra alimentar bruta foi determinado segundo metodologia da AOAC 962.09 (1997). A quantidade de carboidratos foi determinada por diferença, subtraindo de 100 a somatória dos conteúdos de umidade, proteína, lipídeos, cinzas e fibra alimentar bruta. As análises foram realizadas com três repetições.

### **2.2.3 Determinação dos compostos fenólicos totais**

Para a extração dos fenólicos totais, quantidade suficiente de amostra foi diluída em solução de acetona a 70% e mantida sob agitação magnética por 30 minutos. Após agitação, a amostra foi filtrada e 1 mL do filtrado foi diluído em 10 mL de água destilada.

O conteúdo de polifenóis totais foi determinado pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin-Ciocateau (ROSSI; SINGLETON, 1965), com a leitura da absorbância em 764 nm. Preparou-se uma curva-padrão com ácido gálico, em concentração variando de 50 a 500 mg.L<sup>-1</sup>, e os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico.100.g<sup>-1</sup> de amostra em base seca (b.s.). As análises foram realizadas com três repetições para cada tratamento, FB, FC e FS.

### **2.2.4 Determinação da atividade antioxidante**

Para obtenção do extrato, quantidade suficiente de amostra foi diluída em solução de metanol a 50% e mantida sob agitação magnética por 60 minutos e, em seguida, foi feita nova extração com acetona a 70% por mais 60 minutos.

O método ABTS utilizado foi descrito por RE *et al.* (1999). Após seis minutos da adição da solução de ABTS<sup>+</sup> diluído em etanol na amostra, a leitura da absorbância em 734 nm foi realizada. Os resultados foram expressos como capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) em μmol.g<sup>-1</sup> de amostra b.s.. As análises foram realizadas com três repetições para cada tratamento (FB, FC e FS).

### **2.2.5 Determinação do pH**

O pH foi determinado por leitura direta do líquido sobrenadante, após mistura de 10 g da amostra em 100 mL de água destilada, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). As análises foram realizadas somente na farinha de bagaço de uva com três repetições.

## 2.2.6 Análise microbiológica da farinha de bagaço de uva

Foram realizadas análises de *Bacillus cereus*, coliformes à 45 °C, *Salmonella sp.* e fungos filamentosos e leveduras, na farinha de bagaço de uva, segundo as metodologias propostas pela APHA (2001). As amostras foram analisadas com cinco replicatas.

## 2.2.7 Análise estatística

O experimento foi disposto no delineamento inteiramente casualizado com os três materiais (FB, FC e FS), em três repetições em triplicata, totalizando 27 unidades experimentais. Para comparar as médias dos componentes da composição centesimal, polifenóis totais e atividade antioxidante, realizou-se análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com a utilização do programa STATISTICA versão 6.0 (STAT SOFT, 1998). Nestas análises trabalhou-se com nível de significância estatística de 5%.

## 3 Material e métodos

### 3.1 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal para os três materiais são apresentados na Tabela 1. O teor de água encontrado para os três materiais ficaram abaixo de  $7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de amostra b.s., valor este dentro do padrão estabelecido pela ANVISA (ANVISA, 1978) para farinhas, que é de  $15 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para o conteúdo de umidade dos três materiais estudados.

O conteúdo de proteínas variou de 14,38 a 14,91  $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  amostra b.s. Esta diferença não foi significativa para os três materiais estudados. Os valores encontrados neste estudo para bagaço de uva são similares aos reportados por LLOBERA e CAÑELLAS (2007; 2008) e SÁYAGO-AYERDI *et al.* (2009). Entretanto, ficou acima dos valores de proteínas encontrados por SÁNCHEZ-ALONZO *et al.* (2007), para bagaço de uvas tintas ( $8,1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) e SÁNCHEZ-ALONZO *et al.* (2008), para bagaço de uvas brancas ( $7,3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

Tabela 1 – Composição centesimal da farinha de bagaço de uva e suas frações casca e semente (g . 100 g<sup>-1</sup> b.s.)

Componente	Composição centesimal (g.100 g <sup>-1</sup> )		
	Farinha de bagaço*	Fração casca*	Fração semente*
Umidade	6,80 ± 0,34 <sup>a</sup>	6,91 ± 0,38 <sup>a</sup>	6,85 ± 0,31 <sup>a</sup>
Proteínas	14,65 ± 0,74 <sup>a</sup>	14,91 ± 0,79 <sup>a</sup>	14,38 ± 0,73 <sup>a</sup>
Lipídeos	7,25 ± 0,37 <sup>b</sup>	4,87 ± 0,26 <sup>a</sup>	13,63 ± 0,78 <sup>c</sup>
Cinzas	7,36 ± 0,40 <sup>b</sup>	9,06 ± 0,50 <sup>c</sup>	4,63 ± 0,27 <sup>a</sup>
Fibra bruta	21,89 ± 1,13 <sup>a</sup>	20,59 ± 1,06 <sup>a</sup>	22,92 ± 1,23 <sup>a</sup>
Carboidratos	48,86 ± 1,51 <sup>b</sup>	50,57 ± 1,69 <sup>b</sup>	44,44 ± 1,16 <sup>a</sup>

\* Resultados expressos como média ± desvio-padrão de três repetições. Valores com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p < 0,05).

O teor de proteínas para a fração casca de uva encontrado neste estudo (14,91 g.100 g<sup>-1</sup>) está de acordo com os trabalhos de SAURA-CALIXTO (1998) e ROMERO *et al.* (2004), também para a fração de casca do bagaço de uva.

A fração semente de uva teve um valor de proteínas (14,38 g.100 g<sup>-1</sup>), bem maior que o conteúdo de proteínas encontrado por LÓPEZ-OLIVA *et al.* (2006), que foi de 8,08 g.100 g<sup>-1</sup>. O teor de proteínas da uva é dependente do cultivar e as proteínas estão presentes, principalmente na polpa da uva. Na elaboração do vinho e na etapa de prensagem, dependendo da sua intensidade, pode acarretar na diminuição do teor de proteínas solúveis no bagaço. No final do processo de fermentação, muitas proteínas precipitaram com os taninos, principalmente na elaboração do vinho tinto (JACKSON, 2008).

O teor de lipídeos variou de 4,87 a 13,63 g.100 g<sup>-1</sup>, tendo diferença significativa entre os três materiais estudados. Este componente está principalmente associado com as sementes, o que pode ser comprovado comparado com os resultados dos três materiais, em que a fração semente foi cerca de 49 e 180% maior que a farinha de bagaço e a fração casca, respectivamente. A farinha de bagaço de uva é constituída das duas frações, casca e semente, e por possuir maior proporção de casca, apresentou um valor intermediário mais próximo da fração casca.

O resultado do conteúdo de lipídeos para o bagaço de uva ( $7,25 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi similar ao obtido por SÁYAGO-AYERDI *et al.* (2009), de  $7,7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  em bagaço de uvas tintas. Nos trabalhos de SÁNCHEZ-ALONZO *et al.* (2007, 2008), para bagaço de uvas tintas e brancas, eles obtiveram valores de lipídeos de  $9,4$  e  $5,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente. Já LLOBERA e CAÑELLAS (2007; 2008) obtiveram valores maiores de lipídeos para bagaço de uvas tintas ( $13,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) e bagaço de uvas brancas ( $9,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

O teor de lipídeos da fração casca de uva ( $4,87 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) deste estudo ficou entre os valores obtidos por SAURA-CALIXTO (1998) e ROMERO *et al.* (2004), para bagaço de casca de uva, que foi de  $6,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  e  $1,07 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente. O resultado de lipídeos, obtido para a fração semente ( $13,63 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), foi maior que o obtido por LÓPEZ-OLIVA *et al.* (2006), que encontrou um valor de  $9,4 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  para o teor de lipídeos de bagaço de semente de uvas tintas. As sementes de uva são constituídas de  $7$  a  $20 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de lipídeos, sendo  $90\%$  constituídos por ácidos graxos insaturados, com o ácido linoléico representado seu principal componente, com  $70\%$  do total de ácidos graxos, e o ácido oléico representando  $15\%$  (MATTHÄUS, 2008).

O conteúdo de cinzas apresentou diferença significativa para os três materiais estudados. A fração casca de uva apresentou conteúdo cerca de  $96$  e  $23\%$  maior que a fração semente e a farinha de bagaço, respectivamente. O conteúdo de cinzas para o bagaço de uva foi de  $7,36 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , similar ao obtido por LLOBERA e CAÑELLAS (2007), para o bagaço de uvas brancas ( $7,2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Já SÁNCHEZ-ALONZO *et al.* (2007; 2008) obtiveram valores menores de cinzas em seus trabalhos, obtendo  $2,4$  e  $3,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , para bagaço de uvas tintas e bagaço de uvas brancas, respectivamente. SÁYAGO-AYERDI *et al.* (2009) também obtiveram resultado menor que o apresentado neste estudo, para cinzas em bagaço de uvas tintas ( $5,3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

O conteúdo de cinzas para a fração casca de uva ( $9,06 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi similar ao obtido por SAURA-CALIXTO (1998) e ROMERO *et al.* (2004), para bagaço de casca de uva,  $9,2$  e  $8,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente. O teor de cinzas encontrado para a fração semente foi de  $4,63 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , valor

cerca de 60% maior que o obtido por LÓPEZ-OLIVA *et al.* (2006), para bagaço de semente de uvas tintas (2,9 g.100 g<sup>-1</sup>).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para fins de rotulagem, um alimento é considerado com alto teor de fibras quando possui um valor mínimo de 6 g de fibras para 100 g de produto sólido (ANVISA, 1998). O conteúdo de fibra bruta variou de 20,59 a 22,92 g.100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.; no entanto, esta diferença não foi significativa para os três materiais estudados. Para a farinha de bagaço de uva, o teor de fibra bruta foi de 22,89 g.100 g<sup>-1</sup> b.s., podendo ser considerado um alimento com alto teor de fibras (ANVISA, 1998). Este resultado ficou próximo do obtido para fibra bruta por BAUMGÄRTEL *et al.* (2007) no bagaço de uvas brancas (19,9 g.100 g<sup>-1</sup>), mas inferior ao resultado obtido no bagaço de uvas tintas (31,2 g.100 g<sup>-1</sup>).

Provavelmente, o teor de fibras do bagaço de uva é significativamente maior, pois como o teor de fibra bruta representa apenas uma parcela das fibras insolúveis, este valor está subestimado para o teor de fibra alimentar total do bagaço de uva (SALGADO *et al.*, 1999). Esta hipótese pode ser confirmada pelos trabalhos de Llobera e Cañellas (2007; 2008), que encontraram valores de fibra alimentar total acima de 225% do valor encontrado neste trabalho, para bagaço de uvas tintas (74,5%) e bagaço de uvas brancas (79,1%). Outros trabalhos também confirmam esta hipótese, como os de Sánchez-Alonzo *et al.* (2007; 2008) e Sáyago-Ayerdi *et al.* (2009), para bagaço de uva; os trabalhos de Saura-Calixto (1998), Alía *et al.* (2003) e ROMERO *et al.* (2004), para bagaço de casca de uva; e os estudos de Alía *et al.* (2003) e López-Oliva *et al.* (2006). para bagaço de semente de uvas tintas.

O conteúdo de carboidrato entre a farinha de bagaço de uva e a fração casca de uva não apresentaram diferença significativa. Já para a fração semente houve diferença significativa, o menor valor de carboidratos foi obtido para a fração semente, com 44,44 g.100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.

Os três materiais estudados (farinha de bagaço de uva, fração casca e fração semente) apresentaram teores elevados e similares para fibra bruta e proteínas. Maior variação entre os três materiais ocorreram nos conteúdos de lipídeos e de cinzas, com a fração semente de uva tendo o maior teor de

lipídeos e menor teor de cinzas, e a fração casca de uva o inverso, com o menor teor de lipídeos e maior teor de cinzas. A farinha de bagaço de uva obteve valores intermediários para estes dois componentes.

### 3.2. Compostos fenólicos totais

A Tabela 2 mostra o conteúdo dos compostos fenólicos totais encontrados para os três materiais (FB, FC e FS) deste estudo, junto com valores de outros resíduos derivados da uva reportados na literatura.

Tabela 2 – Compostos fenólicos (mg ácido gálico . 100g<sup>-1</sup> de amostra peso seco) experimentais e de algumas referências da literatura

Amostra	Bagaço	Casca	Semente
Uvas tintas fermentadas (v. <i>Isabel</i> ) <sup>*</sup>	2.707,48 <sup>b</sup> ± 130,58	1.772,22 <sup>a</sup> ± 88,57	5.244,10 <sup>c</sup> ± 287,56
Uvas tintas fermentadas (v. <i>Negro amaro</i> ) <sup>1</sup>	4.190	3.330	8.580
Uvas tintas fermentadas ( <i>Vitis Viníferas</i> ) <sup>2</sup>	5.402	3.625	10.330
Uvas tintas fermentadas (v. <i>Manto Negro</i> ) <sup>3</sup>	2.630		
Uvas tintas fermentadas <sup>4</sup>		2.000	
Uvas tintas fermentadas <sup>5</sup>			5.630
Uvas brancas fermentadas ( <i>Vitis Viníferas</i> ) <sup>2</sup>	4.826	970	11.108
Uvas brancas fermentadas (v. <i>Prensal Blac</i> ) <sup>6</sup>	3.490		
Uvas tintas (v. <i>Isabel</i> ) <sup>7</sup>		1.026,69	
Uvas brancas (v. <i>Niágara</i> ) <sup>7</sup>		1.242,78	

<sup>\*</sup> Resultados expressos como média ± desvio-padrão de três repetições. As médias seguidas por uma mesma letra em cada coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Negro *et al.* (2003); <sup>2</sup> Makris *et al.* (2007); <sup>3</sup> Llobera e Cañellas (2007); <sup>4</sup> Saura-Calixto (1998); <sup>5</sup> López-Oliva *et al.* (2006); <sup>6</sup> Llobera e Cañellas (2008); e <sup>7</sup> Soares *et al.* (2008b).

Como podem ser observados, os materiais apresentaram uma significativa alta quantidade de compostos fenólicos totais. O teor de compostos fenólicos totais da fração semente de uva (5.244 mg ác. gálico. 100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.) foi cerca de 196% maior que a fração casca de uva (1.772 mg ác. gálico.100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.) e cerca de 94% maior que da farinha de bagaço de uva (2.707 mg ác. gálico.100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.). Estes percentuais ficaram próximas das observadas por Negro *et al.* (2003) e Makris *et al.* (2007), para bagaço de uvas tintas, apesar de apresentarem valores maiores de fenólicos para as três frações (bagaço, casca e

semente). O resultado obtido para o teor de compostos fenólicos totais na semente de uva está de acordo com o encontrado por López-Oliva *et al.* (2006). Os fenólicos presentes nas sementes de uva são constituídos principalmente por flavanóis, também chamados de proantocianidinas, flavan-3-óis ou catequina.

O valor obtido para o teor de compostos fenólicos da fração casca de uva ficou próximo ao do encontrado por Saura-Calixto (1998), no trabalho que estabeleceu a definição de fibra dietética antioxidante para o produto que contém significativa quantidade de antioxidante natural, associado com as fibras dietéticas. A casca da uva é constituída, principalmente, por antocianinas, ácidos hidroxicinâmicos, flavanóis e flavonóis glicosados (KAMMERER *et al.*, 2004).

Como já era esperado, a farinha de bagaço de uva, que foi originada das outra duas frações (casca e semente), apresentou valor intermediário de compostos fenólicos. O resultado obtido neste estudo coincide com o encontrado por Llobera e Cañellas (2007), para o bagaço de uvas tintas.

O teor de compostos fenólicos totais na farinha de bagaço de uva foi maior do que os encontrados em resíduos ou cascas de outras frutas, como na casca de limão (1.050 - 1990 mg ác. gálico . 100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.) (UBANDO-RIVERA *et al.*, 2005); casca de laranja (510 mg ác. Gálico . 100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.) (GARAU *et al.*, 2007), casca de manga (1.614 mg ác. gálico. 100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.) (VERGARA-VALENCIA *et al.*, 2007); e bagaço de maçã (134 - 522 mg ác. Gálico . 100 g<sup>-1</sup> amostra b.s.) (SOARES *et al.*, 2008a).

De acordo com Alonzo *et al.* (2002) e Llobera e Cañellas (2007), o teor de compostos fenólicos do bagaço de uva irá depender da variedade e das condições de cultivo da uva, do processo de vinificação e da fração do bagaço analisada. González-Paramás *et al.* (2004) verificaram diferença no teor de flavánois inclusive dentro da mesma variedade.

A variabilidade dos resultados de alguns autores no conteúdo de compostos fenólicos totais de diferentes bagaços, observados na Tabela 2, pode ser atribuída não somente às diferentes variedades ou aos métodos de vinificação, mas, também, aos diferentes solventes utilizados no processo de extração.

### 3.3 Atividade antioxidante

A fração semente de uva apresentou atividade antioxidante cerca de 307% maior que a fração casca, com valores de 397,55 e 97,67  $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$  de amostra b.s., para as frações semente e casca, respectivamente (Tabela 3). Este resultado sugere que a fração semente pode ser a responsável pela maior contribuição na capacidade antioxidante da farinha de bagaço de uva, com 188,88  $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$  de amostra b.s. (Tabela 3). Em estudo realizado por Yilmaz e Toledo (2006), para avaliação da capacidade antioxidante de pós de semente e casca de bagaço de diversas variedades de uva, os autores verificaram que a semente teve capacidade antioxidante de 200 a 900% maior do que a casca. A farinha de bagaço de uva apresentou atividade antioxidante intermediária, cerca de 93% maior que a farinha de casca e 52% menor que a farinha de semente.

Tabela 3 – Atividade antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox} \cdot \text{g}^{-1}$  de amostra em peso seco)

Amostra	Atividade Antioxidante*
Bagaço	188,88 $\pm$ 7,03 <sup>b</sup>
Casca	97,67 $\pm$ 2,96 <sup>a</sup>
Semente	397,55 $\pm$ 11,87 <sup>c</sup>

\* Resultados expressos como média  $\pm$  desvio-padrão de três repetições. As médias seguidas por uma mesma letra em cada coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A atividade antioxidante da fração casca deste estudo ficou acima da obtida por Soares *et al.* (2008b), para a variedade *Isabel*, em uma pesquisa realizada para avaliar a atividade antioxidante de casca de uva das variedades *Isabel* (89  $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$  de amostra b.s.) e *Niágara* (157  $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$  de amostra b.s.).

O processo de secagem, etapa preliminar, necessária para a obtenção da farinha, pode reduzir o teor de compostos fenólicos e, conseqüentemente, a atividade antioxidante (CHANTARO *et al.*, 2008). No entanto, em pesquisa realizada por Larrauri *et al.* (1998), a temperatura de secagem de 60 °C (temperatura também utilizada no presente trabalho) não afetou o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante de casca de bagaço de uvas tintas em comparação com a amostra liofilizada.

Já em relação às sementes, em estudo realizado por González-Paramás *et al.* (2004), foi verificado que sementes desidratadas, obtidas após a extração da cor e destilação alcoólica do bagaço de vinho, em seguida submetidas a elevadas temperaturas, ainda tinham significativa concentração de flavanóis e atividade antioxidante.

Os efeitos biológicos dos flavonóides na redução de doenças cardíacas estão possivelmente associados com sua propriedade antioxidante (YILMAZ; TOLEDO, 2004). Vários estudos apontam uma correlação positiva entre o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante (ALONSO *et al.*, 2002; CAETANO *et al.*, 2008; SOARES *et al.* 2008a, b).

### 3.4 Análise microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas e do pH da farinha de bagaço de uva encontram-se apresentados na Tabela 4. Todos os resultados obtidos para as análises microbiológicas estão abaixo dos limites estabelecidos pela ANVISA, segundo a Resolução – RDC nº 12, de 2001 (BRASIL, 2001). Além disto, o baixo valor de pH obtido (3,5) classifica a farinha de bagaço de uva como um produto muito ácido. Com isto, o processo de obtenção da farinha de bagaço de uva, conforme realizado no presente estudo, foi considerado satisfatório, do ponto de vista de segurança alimentar.

Tabela 4 – Análise microbiológica e pH da farinha de bagaço de uva

Microrganismos	Valores Médios	Resolução - RDC nº 12/2001
<i>Bacillus cereus</i> (UFC.g <sup>-1</sup> )	< 10	3 x 10 <sup>3</sup>
Coliformes a 45 °C (NMP.g <sup>-1</sup> )	< 0,3	10 <sup>2</sup>
Salmonella (presença em 25g)	Ausência	Ausência
Bolores e leveduras (UFC.g <sup>-1</sup> )	< 10	-
pH	3,5	

## 4 Conclusões

A farinha de bagaço de uva obtida demonstrou ser um alimento com alto teor de fibras,  $21,89 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  amostra b.s., e alta capacidade antioxidante,  $188,88 \mu\text{mol Trolox} \cdot \text{g}^{-1}$  de amostra b.s., mesmo após sofrer desidratação a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  por cerca de 18 horas.

Os teores de fibra bruta e proteínas da farinha de bagaço de uva e de suas frações, cascas e sementes, mostraram-se elevados. A fração de semente apresentou maior teor de lipídeos e menor teor de cinzas, comparado com os outros materiais, bagaço e casca. A fração de casca de uva apresentou maior teor de cinzas e menor teor de lipídeos que os outros materiais.

A fração de semente de uva apresentou teor de compostos fenólicos totais cerca de 196 e 94% maior que a fração de casca e a farinha de bagaço, respectivamente. Já em relação à atividade antioxidante na fração de semente de uva, a atividade antioxidante foi cerca de 307% maior que na fração de casca de uva, enquanto em relação ao bagaço de uva foi cerca de 110% maior.

De acordo com os resultados das análises microbiológicas, a farinha de bagaço de uva mostrou-se própria para o consumo, além do baixo pH contribuir para a estabilidade microbiológica do produto.

O processo de obtenção da farinha de bagaço de uva da variedade Isabel (*Vitis labrusca*), rica em fibras dietéticas e com propriedades antioxidantes, mostrou-se viável para sua possível utilização no enriquecimento dos alimentos. Sugere-se sua aplicação na substituição parcial da farinha de trigo ou de outros cereais para uso em panificação, confeitaria e produtos extrusados.

## 5 Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Aprova normas técnicas especiais.** Resolução – CNNPA nº 12, de 1978. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 24 jul. 1978.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar.** Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 16 jan. 1998.

ALÍA, M.; HORCAJO, C.; BRAVO, L.; GOYA, L. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the total antioxidant capacity and the activity of liver antioxidant enzymes in rats. **Nutrition Research**, v. 23, p. 1251-1267, 2003.

ALONSO, A. M.; GUILLÉN, A.; BARROSO, C. G.; PUERTAS, B.; GARCIA, A. Determination activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5832-5836, 2002.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 24-32, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** Washington-DC, 2001. 316 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International:** Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed., v. 2. Gaithersburg: AOAC International, 1997.

BAUMGÄRTEL, T.; KLUTH, H.; EPPERLEIN, K.; RODEHUTSCORD, M. A note on digestibility and energy value for sheep of different grape pomace. **Small Ruminant Research**, v. 67, p. 302-306, 2007.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.** 2001.

CATANEO, C. B.; CALIARI, V.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 29, n. 1, p. 93-102, 2008.

CHANTARO, P.; DEVAHASTIN, S.; CHIEWCHAN, N. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p. 1987-1994, 2008.

GARAU, M.C.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C.; FEMENIA, A. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1014-1024, 2007.

GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; ESTEBAN-RUANO, S.; SANTOS-BUELGA, C.; PASCUALA-TERESA, S.; RIVAS-GONZALO, J. C. Flavanol content antioxidant activity in winery byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 234-238, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. In: ZENEBO, O.; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo (Coord.). São Paulo-SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JACKSON, R. S. **Wine science – Principles and applications**. Cap. 6. Chemical Constituents. Elsevier Inc., 2008.

KAMMERER, D.; CLAUS, A.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4360-4367, 2004.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LLOBERA, A.; CAÑELLAS, J. Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. **Food Chemistry**, v. 101, p. 659-666, 2007.

LLOBERA, A.; CAÑELLAS, J. Antioxidant activity and dietary fibre of Prensal Blanc white grape (*Vitis vinifera*) by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 1953-1959, 2008.

LÓPEZ-OLIVA, M. E.; AGIS-TORRESA, A.; GARCÍA-PALENCIA, P.; GOÑI, I.; MUÑOZ-MARTÍNEZ, E. Induction of epithelial hypoplasia in rat cecal and distal colonic mucosa by grape antioxidant dietary fiber. **Nutrition Research**, v. 26, p. 651-658, 2006.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 125-132, 2007a.

MATTHÄUS, B. Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight? **Eur. J. Lipid Sci. Technol.**, v. 110, p. 645-650, 2008.

NEGRO, C.; TOMMASI, L.; MICELI, A. Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts. **Bioresource Technology**, v. 87, p. 41-44, 2003.

RAMASSAMY, C. Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of neurodegenerative diseases: A review of their intra cellular targets. **European Journal of Pharmacology**, v. 545, p. 51-64, 2006.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biological Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

ROMERO, R. C.; OSUNA, A. I. L.; ROBLES, R. M.; CASTRO, S. R. M.; MARTÍNEZ, L. L.; LEÓN-GÁLVEZ, R. Caracterización de galletas elaboradas com cascarilla de orujo de uva. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 54, v. 1, p.1-12, 2004.

ROSSI, J. A. J.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

RUBERTO, G.; RENDA, A.; DAQUINO, C.; AMICO, V.; SPATAFORA, C.; TRINGALI, C.; DE TOMMASI, N. Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five sicilian red grape cultivars. **Food Chemistry**, v. 100, p. 203-210, 2007.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; MELO FILHO, A. B. Polpa de fruta congelada: efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. **Revista de Nutrição**, v. 12, v. 3, p. 303-308, 1999.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F.; BORDERÍAS, A. J. Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies. **Food Chemistry**, v. 101, p. 372-378, 2007.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; SOLAS, M. T.; BORDERÍAS, A. J. Physical study of minced fish muscle with a white-grape by-product added as an ingredient. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 2, p. 94-101, 2007.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F.; BORDERÍAS, A. J. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 41, p. 42-50, 2008.

SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4303-4306, 1998.

SÁYAGO-AYERDI, S. G.; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, p. 971-976, 2009.

SOARES, M.; WELTER, L.; GONZAGA, L.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 727-732, 2008a.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 30, n. 1, p. 59-64, 2008b.

SPIGNO, G.; DE FAVERI, D. M. Antioxidants from grape stalks and marc: Influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 793-801, 2007.

SPRANGER, I.; SUN, B.; MATEUS, A. M.; FREITAS, V.; SILVA, J. M. R. Chemical characterization and antioxidant activities of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from grape seeds. **Food Chemistry**, v. 108, p. 519-532, 2008.

STATSOFT INC., **Statistica for Windows**, Version 6.0, 2300 Tulsa, OK: East 14<sup>th</sup> Street, 74104, USA, 1998.

UBANDO-RIVERA, J.; NAVARRO-OCAÑA, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Mexican lime peel: comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 89, p. 57-61, 2005.

VERGARA-VALENCIA, N.; GRANADOS-PÉREZ, E.; AGAMA-ACEVADO, E.; TOVAR, J.; RUALES, J.; BELLO-PÉREZ, L. A. Fibre concentrate from mango fruit: characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 40, p. 722-729, 2007.

YILMAZ, Y.; TOLEDO, R. T. Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin and gallic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52, 255-260, 2004.

YILMAZ, Y.; TOLEDO, R. T. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 41-48, 2006.

## CAPÍTULO 3

### PROPRIEDADES FÍSICAS E SENSORIAIS DE CEREAIS MATINAIS À BASE DE MILHO, BAGAÇO DE UVA E AÇÚCAR

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi desenvolver, produzir e otimizar um cereal matinal expandido visando o aproveitamento do bagaço de uva. O efeito dos três ingredientes, farinha de milho, bagaço de uva e açúcar, foram investigados em um delineamento para misturas. Um delineamento centróide simplex para pseudocomponentes foi utilizado para ajustar modelos empíricos às propriedades físicas e sensoriais dos cereais matinais. Os índices de expansão (radial, longitudinal e volumétrico), a luminosidade, o valor “b”, e os escores para sabor, textura, aceitação global e intenção de compra aumentaram com o aumento da proporção de farinha de milho na mistura. O índice de expansão radial teve correlação positiva significativa ( $p < 0,01$ ) com a aparência, a textura, a aceitação global e a intenção de compra. Maior aceitação global, entre nem gostei nem desgostei e gostei ligeiramente foi obtida com a formulação de 90, 6 e 4%, em base seca, para farinha de milho, bagaço de uva e açúcar, respectivamente. A extrusão não afetou o teor de compostos fenólicos totais e reduziu em 18% a atividade antioxidante da mistura do ponto central do delineamento.

## PHYSICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF BREAKFAST CEREALS MADE WITH CORN FLOUR, GRAPE POMACE AND SUGAR

**Abstract:** The aim of this study was to develop, produce and optimize an expanded breakfast cereal using grape pomace. The effect of the three ingredients, corn flour, grape pomace and sugar, was investigated in a mixture design. A simplex-centroid design for pseudo-components was used to adjust empirical models to the physical and sensorial properties of the breakfast cereals. The indices of (radial, longitudinal and volumetric) expansion, luminosity, "b" value, and the flavor, texture, overall acceptance and purchase intention scores increased with the increase of the proportion of corn flour in the mixture. The expansion radial index presented a significant positive correlation ( $p < 0.01$ ) with appearance, texture, overall acceptance and purchase intention. Greater overall acceptance between "neither liked nor disliked" and "liked slightly" was obtained with the formulation 90, 6 and 4%, on a dry basis for corn flour, grape pomace and sugar, respectively. Extrusion did not affect the content of total phenolic compounds and reduced in 18% the antioxidant activity of the mixture at the central point of the design.

## 1 Introdução

A extrusão é um processo que combina várias operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem (FELLOWS, 2006). Cozimento por extrusão é um dos métodos mais versáteis para elaborar produtos derivados de cereais nas mais diversas formas, tamanhos e formulações, podendo, com isto, ser utilizado para aumentar a aceitação pelo consumidor (EASTMAN *et al.*, 2001).

A qualidade sensorial de alimentos extrusados depende principalmente de sua expansão. A expansão e a estrutura destes produtos dependem da gelatinização do amido, que é afetada pelas condições de processamento e pela composição da matéria-prima (YANNIOTIS *et al.*, 2007). Os cereais geralmente utilizados na produção de cereais matinais incluem o milho, o arroz, o trigo e a aveia (EASTMAN *et al.*, 2001).

O consumidor deseja ingredientes naturais saudáveis, com valores nutritivo-fisiológicos mais elevados, que são atrelados à apreciação prevista do sabor (YANNIOTIS *et al.*, 2007). As fibras dietéticas têm inúmeros benefícios à saúde, no entanto, sua incorporação em produtos extrusados, como *snacks* e cereais matinais, limita a expansão e reduz a crocância (PAI *et al.*, 2009).

Diversos autores têm investigado a utilização de misturas de cereais e subprodutos da industrialização de frutas na elaboração de produtos extrusados, como arroz e bagaço de jabuticaba (ASCHERI *et al.*, 2006); cevada e bagaço de tomate (ALTAN *et al.*, 2008a); e cevada e bagaço de uva (ALTAN *et al.*, 2008b). Estes subprodutos são ricos em fibras dietéticas e, no caso da uva, estudos indicam que o seu bagaço além das fibras é rico em compostos fenólicos com atividade antioxidante. Altan *et al.* (2008b) observaram que a adição de até 10% de bagaço de uva na mistura com farinha de cevada produziu extrusados com boa aceitabilidade global.

Produtos extrusados como cereais matinais geralmente usam açúcar na sua formulação (CARVALHO; MITCHELL, 2000), para melhorar a qualidade sensorial de textura e sabor (MEZREB *et al.*, 2006). Normalmente, na fabricação de extrusados doce, a adição de açúcar ocorre em uma etapa posterior à extrusão (FAST; CALDWELL, 2000). A adição de açúcar na

formulação da mistura a ser extrusada pode ser uma alternativa para reduzir uma etapa na produção dos extrusados.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos componentes da formulação sobre algumas propriedades físicas e sensoriais de cereais matinais à base de farinha de milho, bagaço de uva e açúcar.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Material**

A farinha de bagaço de uva foi obtida conforme item 2.2.1. do capítulo 2. A farinha de milho (marca Granfino) e o açúcar (marca União) foram obtidos do comércio local.

### **2.2 Métodos**

#### **2.2.1 Composição centesimal**

A composição centesimal da farinha de bagaço de uva e da farinha de milho foi determinada de acordo com as metodologias descritas no capítulo 3 com três repetições em triplicata.

#### **2.2.2 Determinação do tamanho de partícula**

A análise da distribuição dos tamanhos das partículas da farinha de bagaço de uva e da farinha de milho foi realizada na unidade de dispersão líquida de um equipamento Laser Particle Sizer Analysette 22 (Fritsch, Idar-Oberstein, Alemanha), que o princípio da difração a laser, produzindo laser hélio-neon no comprimento de onda de 632 nm. Utilizou-se álcool isopropílico como agente dispersor das frações granulométricas, que foram mantidas sob agitação constante até alcançar 7% de obscuridade do feixe de laser e, então, iniciada a leitura (ASCHERI *et al.*, 2006).

### 2.2.3 Condicionamento das amostras

A farinha de milho, a farinha de bagaço de uva e o açúcar foram adicionados nas formulações nas proporções determinadas pelo planejamento experimental para mistura. A umidade das misturas (farinha de milho, farinha de bagaço de uva e açúcar) foi determinada e ajustada para 15%. A quantidade de água necessária para atingir a umidade requerida foi calculada de acordo com a equação 1 a seguir:

$$Q = \frac{(U_f - U_i) \times m}{100 - U_f} \quad (1)$$

em que

- Q = quantidade de água a adicionar (g);
- U<sub>i</sub> = umidade inicial do material (%);
- U<sub>f</sub> = umidade final desejada (%); e
- m = massa de material a ser condicionado (g).

O material condicionado foi colocado em sacos de polietileno hermeticamente fechados e permaneceu estocado por cerca de 24 horas, a 4 °C, antes de ser processado, para uniformização da umidade.

### 2.2.4 Processo de extrusão

O processo de extrusão foi realizado em um extrusor de rosca simples Brabender DSE 20DN, acoplado ao torque DSE 330 (Duisburg, Alemanha), Figura 1.

Os parâmetros constantes durante todo o processamento foram:

- temperatura da 1ª zona, a 70 °C;
- temperatura da 2ª zona, a 100 °C;
- temperatura da 3ª zona, a 130 °C;
- umidade da mistura: 15%;
- taxa de alimentação: 1,2 kg.h<sup>-1</sup>;
- rotação do parafuso: 150 rpm;
- taxa de compressão do parafuso: 1:5; e
- matriz circular: 3 mm.



Figura 1 – Extrusora Brabender mono rosca do Laboratório de Extrusão da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

A Figura 2 representa o esquema para produção dos cereais matinais, à base de farinha de milho, farinha de bagaço de uva e açúcar.

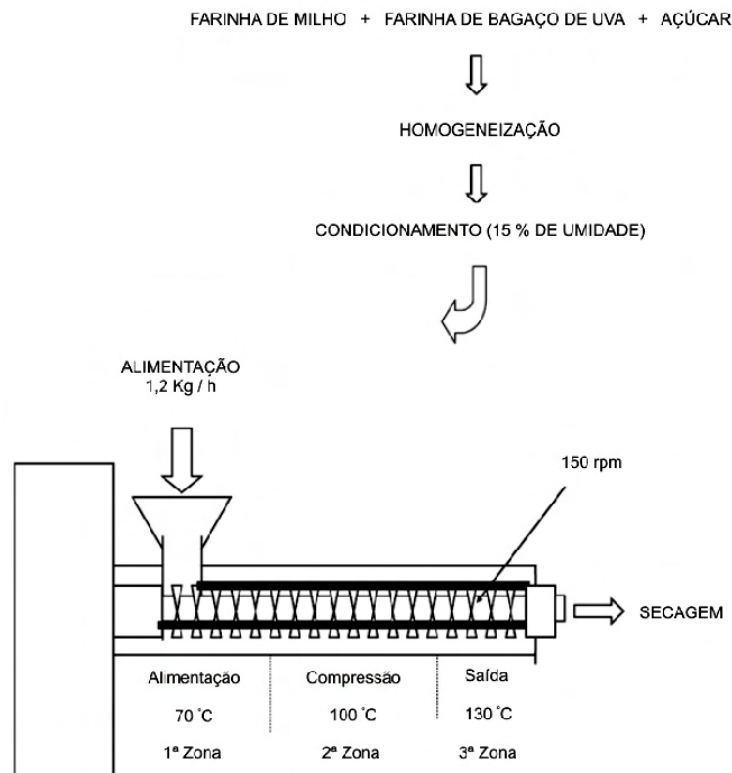


Figura 2 – Produção de cereais matinais à base de milho, bagaço de uva e açúcar.

## 2.2.5. Caracterização dos produtos extrusados

Os produtos extrusados foram caracterizados quanto às suas propriedades físicas e sensoriais.

### 2.2.5.1 Propriedades físicas

#### 2.2.5.1.1 Índices de expansão

Os índices de expansão radial (IER), longitudinal (IEL) e volumétrico (IEV) foram determinados de acordo com Alvarez-Martinez *et al.* (1988):

$$IER = \left( \frac{D}{D_0} \right)^2 \quad (2)$$

$$IEL = \left[ \frac{\rho_d}{\rho_e} \right] \times \left[ \frac{1}{IER} \right] \times \left[ \frac{1 - M_d}{1 - M_e} \right] \quad (3)$$

$$IEV = IER \times IEL \quad (4)$$

em que

$D$  = diâmetro do extrusado quando atingiu a temperatura ambiente;

$D_0$  = diâmetro da matriz;

$\rho_d$  = densidade da massa fundida antes da matriz ou dentro do extrusor, considerada  $1.400 \text{ kg/m}^3$  (densidade do amido);

$\rho_e$  = densidade do extrusado;

$M_d$  = umidade da massa dentro do extrusor em base úmida; e

$M_e$  = umidade do extrusado em base úmida.

Os índices de expansão obtidos por meio das medidas do diâmetro (em diferentes partes do extrusado), do comprimento, da massa e da umidade dos extrusados foram realizados em três amostras de cada formulação. As análises foram realizadas com seis replicatas.

### 2.2.5.1.2 Densidade aparente

A densidade aparente ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) foi calculada de acordo com o método de ALVAREZ-MARTINEZ *et al.* (1988):

$$DA = \frac{4m}{\pi d^2 L}$$

em que  $m$  é a massa (g) de um comprimento  $L$  (cm) de um extrusado de diâmetro  $d$  (cm). A análise foi realizada com seis replicatas.

### 2.2.5.1.3 Análise instrumental de textura

A análise instrumental de textura foi realizada com o objetivo de avaliar o parâmetro de “dureza” dos extrusados, por meio da determinação da força máxima de cisalhamento (N). As análises foram realizadas em um texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, UK), utilizando a plataforma HDP e o probe BS (Figura 3).

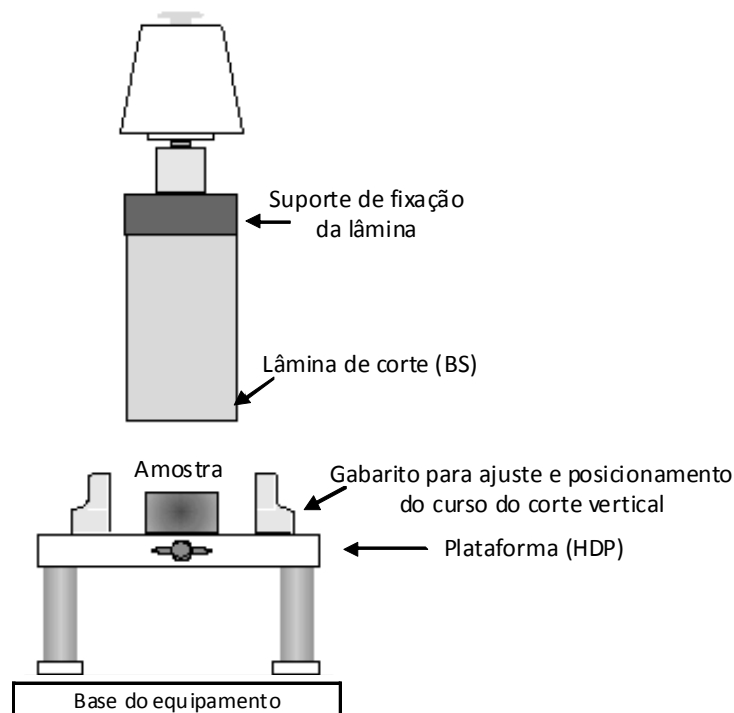


Figura 3 – Representação esquemática da análise instrumental de textura.

Os parâmetros de uso do equipamento foram: modelo aplicado (máxima força em compressão); velocidade do pré-teste (1,5 mm/s); velocidade do teste (1,0 mm/s); velocidade do pós-teste (10,0 mm/s); e distância (10,0 mm). Para esta prova foram utilizados pedaços de 2,0 cm de comprimento de cada amostra, que foram dispostos horizontalmente em uma plataforma do equipamento e submetidos à ação de um probe, que se desloca de cima para baixo, rompendo cada amostra. As análises foram realizadas com dez replicatas.

#### **2.2.5.1.4 Determinação instrumental da cor**

A análise instrumental da cor das matérias-primas e dos produtos extrusados foi realizada por determinação de reflectância no colorímetro S&M Colour Computer, modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter, com abertura de 30 mm de diâmetro. Os extrusados foram moídos e separados em peneiras, obtendo partículas entre 106 e 210  $\mu\text{m}$ . As coordenadas de cor, medidas em relação à placa branca, foram:  $L$  = luminosidade (0 = preto e 100 = branco);  $a$  (-80 até zero = verde, do zero ao +70 = vermelho); e  $b$  (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo) e diferença de cor  $\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (b - b_0)^2 + (a - a_0)^2}$ . A amostra foi disposta em placa de Petri, com 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura. As análises foram realizadas com quatro replicatas (FERREIRA, 1981).

#### **2.2.6 Teste de aceitação sensorial**

A avaliação sensorial foi realizada no laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro-RJ. Foi realizado um teste sensorial de aceitabilidade com os cereais matinais, obtidos dos ensaios do delineamento experimental da Tabela 1. Foram avaliadas cinco características: aparência, sabor, textura e aceitação global, com escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei extremamente; 5 = nem gostei nem desgostei; 9 = gostei extremamente) e intenção de compra, com escala hedônica de 9 pontos (1 = definitivamente não compraria; 5 = talvez comprasse

talvez não comprasse; 9 = definitivamente compraria). As amostras foram servidas monadicamente, de acordo com delineamento inteiramente casualizado, em pires de porcelana de cor branca, codificadas com número de três dígitos, contendo dez porções, em cabines individuais. Participaram do teste 80 provadores não treinados, que avaliaram as dez amostras em duas sessões.

### **2.2.7 Determinação de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante**

A fim de avaliar o efeito da extrusão sobre o teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante, foram realizadas determinações destas características nas amostras do produto do ponto central do delineamento experimental antes e após a extrusão. A metodologia para determinação dos compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante foi a mesma descrita no capítulo 3. Os resultados foram avaliados pela análise de variância (Anova). As determinações foram realizadas em quadruplicata.

### **2.2.8 Delineamento experimental e análise dos resultados**

As variáveis estudadas foram a concentração de farinha de milho ( $X_1$ ), bagaço de uva ( $X_2$ ) e açúcar ( $X_3$ ). O nível mínimo (proporção do componente = 0) para a farinha de milho, bagaço de uva e açúcar, foram em base seca: 80, 6 e 4%, respectivamente.

Os valores dos componentes originais foram convertidos em pseudocomponentes por meio da equação 5 abaixo:

$$X'_i = \frac{X_i - L_i}{1 - L} \quad (5)$$

em que

$X'_i$  = i-ésimo pseudocomponente;

$X_i$  = i-ésimo componente original;

$L_i$  = limite inferior do i-ésimo componente; e

$L$  = somatório de todos os limites inferiores.

O delineamento centróide simplex para misturas de três componentes com três repetições no ponto central (Tabela 1) foi utilizado para estudar os efeitos das proporções dos ingredientes nas propriedades físicas e aceitação sensorial do produto.

Tabela 1 – Delineamento centróide simplex para a formulação com farinha de milho, bagaço de uva e açúcar

Formulação	Pseudocomponentes			Componentes originais		
	X'1	X'2	X'3	X1	X2	X3
F1	1,00	0,00	0,00	0,90	0,06	0,04
F2	0,00	1,00	0,00	0,80	0,16	0,04
F3	0,00	0,00	1,00	0,80	0,06	0,14
F4	0,50	0,50	0,00	0,85	0,11	0,04
F5	0,50	0,00	0,50	0,85	0,06	0,09
F6	0,00	0,50	0,50	0,80	0,11	0,09
F7*	0,33	0,33	0,33	0,83	0,09	0,07

X1 = farinha de milho; X2 = bagaço de uva; e X3 = açúcar.

Restrição:  $90 \geq X1 \geq 80$ ,  $16 \geq X2 \geq 6$ ,  $14 \geq X3 \geq 4$ .

\* Três repetições.

Análises de regressão múltipla foram utilizadas para ajustar os modelos propostos (Tabela 2), em que  $b'$  foi substituído por  $b$  para simplificar a notação.

Tabela 2 – Modelos propostos para ajuste da regressão

Modelo	Equação
Linear	$\hat{Y} = b_1 X'_1 + b_2 X'_2 + b_3 X'_3$ (1)
Quadrático	$\hat{Y} = b_1 X'_1 + b_2 X'_2 + b_3 X'_3 + b_{12} X'_1 X'_2 + b_{13} X'_1 X'_3 + b_{23} X'_2 X'_3$ (2)

$\hat{Y}$  = estimativa da variável resposta;  $b$  = coeficientes da equação;  $X'$  = proporção dos pseudocomponentes.

A metodologia de superfície de respostas para mistura (BARROS NETO *et al.*, 2003) foi aplicada para os dados experimentais, usando o programa STATISTICA versão 6.0 (Stat Soft, 1998) para a geração das superfícies de resposta e curvas de nível. O mesmo *software* foi utilizado para as análises estatísticas dos dados experimentais. Os modelos lineares

e quadráticos (Tabela 2) foram testados para cada variável resposta, por meio da análise de variância da regressão. A significância dos modelos, a falta de ajuste e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foram utilizados para checar o ajuste do modelo. O teste  $t$  foi utilizado para determinar a significância dos coeficientes do modelo, e um desvio relativo foi aplicado para comparar os valores observados com os valores preditos pelo modelo. Uma matriz de correlação de Pearson sobre as propriedades físicas e sensoriais dos produtos extrusados foi obtida com o objetivo de avaliar a associação entre as variáveis respostas. As variáveis respostas deste estudo foram: índice de expansão radial, índice de expansão longitudinal, índice de expansão volumétrico, densidade aparente, textura instrumental, coordenadas de cor (luminosidade, valor “a”, valor “b” e diferença de cor  $\Delta E$ ), atributo sensorial aparência, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1. Composição centesimal

A composição centesimal das farinhas de milho e de bagaço de uva é mostrada na Tabela 3. Pode ser observado que a adição de farinha de bagaço de uva, na formulação para obtenção dos extrusados, leva ao aumento no conteúdo de proteínas, lipídeos e, principalmente, de minerais e fibra alimentar, permitindo, com isto, um ganho na qualidade nutricional dos cereais matinais.

Tabela 3 – Composição centesimal das farinhas (g . 100 g<sup>-1</sup> base seca)

Componente	Farinha de Milho	Farinha de Bagaço de Uva
Proteínas	6,69	14,65
Lipídeos	1,20	7,25
Cinzas	0,44	7,36
Fibra Bruta	1,57	21,89
Carboidratos	90,11	48,86

\*\* Resultados expressos como média de três repetições.

### 3.2 Distribuição do tamanho das partículas

A Figura 4 mostra a distribuição do tamanho de partículas das farinhas de milho e de bagaço de uva. Tanto a farinha de milho quanto a de bagaço de uva apresentaram-se de forma homogênea, e relativamente próximas uma da outra. A farinha de milho apresentou cerca de 38% das partículas abaixo de 167  $\mu\text{m}$ , 54,2% entre 167 e 458  $\mu\text{m}$  e 7,7% acima de 458  $\mu\text{m}$ , com tamanho médio de 235  $\mu\text{m}$ . Similarmente, o bagaço de uva apresentou cerca de 58,1% das partículas abaixo de 167  $\mu\text{m}$ , 36,6% entre 167 e 458  $\mu\text{m}$  e 5,3% acima de 458  $\mu\text{m}$ , com tamanho médio de 178  $\mu\text{m}$ . Altan *et al.* (2008b), estudando as variáveis do processo de extrusão para a obtenção de *snacks* à base de farinha de cevada e bagaço de uva, utilizaram a farinha de cevada com distribuição de tamanho de partículas 6,1% abaixo de 177  $\mu\text{m}$ , 81,8% entre 177 e 420  $\mu\text{m}$  e 12,1% acima de 420  $\mu\text{m}$ .

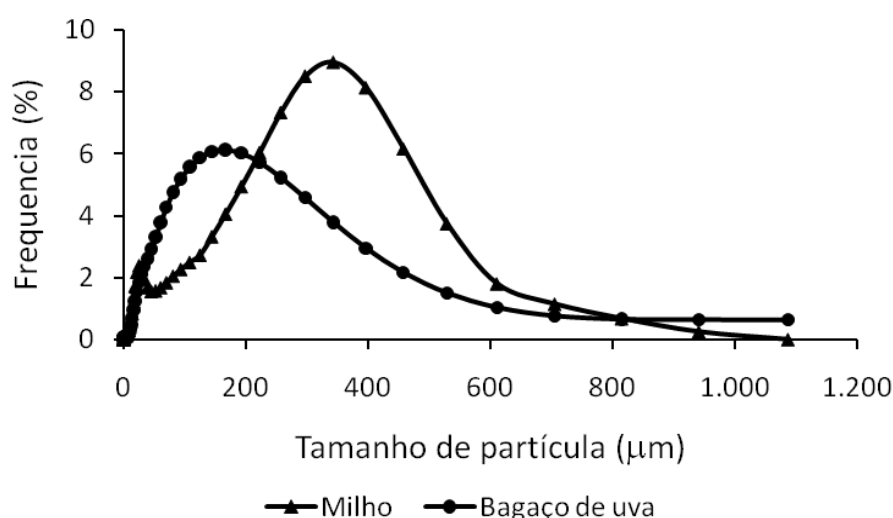


Figura 4 – Distribuição do tamanho de partículas das farinhas de milho e de bagaço de uva.

As propriedades dos extrusados de farinha de milho dependem da distribuição do tamanho de partículas. Gujral *et al.* (2001) avaliaram o comportamento de extrusados de *grits* de milho com diferentes distribuição de tamanho de partículas, e verificaram que o *grits* com maior teor de finos produziram extrusados com menor índice de expansão. Em estudo recente,

Carvalho *et al.* (2010) observaram que produtos extrusados de farinha de milho com tamanho de partículas maiores (500 a 710  $\mu\text{m}$ ) expandiram mais que produtos extrusados com tamanho de partículas menores (180 a 420  $\mu\text{m}$ ). No entanto, quando o objetivo do processo foi a adição de fibra alimentar, o tamanho de partícula das fibras influenciou de maneira inversa sobre o índice de expansão, que o milho. Este efeito foi observado por Lue *et al.* (1991) em relação à adição de fibras da cana-de-açúcar em extrusados à base de milho. Os autores observaram que a redução do tamanho de partículas das fibras levou ao aumento em ambas as direções, radial e longitudinal. Uma das causas deste efeito seria que as fibras de maior tamanho de partícula, mais grossas, retardam o desenvolvimento das bolhas de ar e as bolsas de gás se rompem antes de expandir completamente.

### **3.3 Propriedades físicas dos extrusados**

Os resultados obtidos a partir do planejamento experimental para as propriedades físicas e sensoriais dos produtos extrusados estão apresentados na Tabela 4. A partir dos dados desta tabela foram ajustados modelos lineares e quadráticos, usando o *software* STATISTICA versão 6.0 (Stat Soft, 1998), com o objetivo de avaliar a adequação destes modelos na predição das variáveis respostas dentro da faixa experimental utilizada.

#### **3.3.1 Índice de expansão radial**

O índice de expansão radial (IER) está relacionado com a densidade aparente e a textura de produtos expandidos. Os extrusados apresentaram valores de IER entre 1,70 e 3,06 (Tabela 4). O resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático (Tabela 5) mostrou que o melhor ajuste foi obtido com o modelo quadrático, que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9918$ ) (Tabela 6), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 7), sendo, deste modo, um modelo satisfatório para fins preditivos e indicando que houve interação entre os componentes da mistura sobre o IER.

Tabela 4 – Propriedades físicas e sensoriais dos produtos extrusados em diferentes formulações

Formulação	Pseudocomponentes			Variáveis Respostas													
	X <sub>1</sub> '	X <sub>2</sub> '	X <sub>3</sub> '	IER	IEL	IEV	DA	D	L	a	b	ΔE	Ap*	Sabor*	Textura*	AG*	IC*
F1	1,00	0,00	0,00	3,06	2,02	6,19	0,21	13,31	54,47	4,40	16,03	39,21	4,65	5,25	6,76	5,39	5,05
F2	0,00	1,00	0,00	1,85	1,73	3,20	0,42	24,10	45,80	7,57	11,27	46,58	4,06	3,42	4,28	3,71	3,33
F3	0,00	0,00	1,00	1,73	1,45	2,51	0,54	21,94	51,70	6,23	12,03	40,87	4,17	4,59	3,71	4,10	3,74
F4	0,50	0,50	0,00	2,74	2,28	6,25	0,21	14,74	47,67	5,98	13,19	44,93	4,79	4,56	6,30	4,84	4,56
F5	0,50	0,00	0,50	2,01	1,45	2,91	0,46	22,10	58,38	4,32	14,98	35,25	4,06	5,06	4,17	4,60	4,49
F6	0,00	0,50	0,50	1,70	1,46	2,49	0,54	22,16	44,34	7,68	11,29	48,00	4,20	4,03	4,51	4,11	3,76
F7	0,33	0,33	0,33	2,06	1,61	3,32	0,40	20,32	50,24	6,16	12,91	42,47	4,20	4,54	4,86	4,61	4,26
F7	0,33	0,33	0,33	2,16	1,62	3,49	0,38	21,75	45,05	6,72	13,24	47,57	4,46	4,58	5,09	4,54	4,16
F7	0,33	0,33	0,33	2,15	1,64	3,54	0,38	21,33	51,07	5,83	12,80	41,59	4,24	4,45	4,63	4,49	4,10
F7	0,33	0,33	0,33	2,12	1,68	3,56	0,38	21,44	49,77	6,12	12,79	42,87	4,28	4,15	4,78	4,25	3,95

X<sub>1</sub>' = farinha de milho; X<sub>2</sub>' = bagaço de uva; X<sub>3</sub>' = açúcar; IER = índice de expansão radial; IEL = índice de expansão longitudinal; IEV = índice de expansão volumétrico; DA = densidade aparente; D = dureza; Ap. = aparência; AG = aceitação global; e IC = intenção de compra.

\* Escores médios de uma escala hedônica de 0 a 9.

Tabela 5 – Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para as propriedades físicas (IER, IEL, IEV, DA e D)

Modelo	GL	Quadrado Médio				
		IER	IEL	IEV	DA	D
<b>Linear</b>	2	0,7344*	0,2035*	6,2322*	0,0469*	36,2224*
R. da regressão	7	0,0290	0,0332	0,6008	0,0027	5,0876
Falta de ajuste	4	0,0493*	0,0574*	1,0427*	0,0045*	8,6141*
Erro puro	3	0,0020	0,0008	0,0117	0,0002	0,3855
<b>Quadrático</b>	5	0,3332*	0,1255*	3,2951*	0,0222*	20,8141*
R. da regressão	4	0,0015	0,0029	0,0487	0,0003	0,9968
Falta de ajuste	1	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0093*	0,1597*	0,0007 <sup>ns</sup>	2,8306 <sup>ns</sup>
Erro puro	3	0,0020	0,0008	0,0117	0,0002	0,3855

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 6 – Modelos ajustados para as propriedades físicas índice de expansão radial (IER), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrico (IEV), densidade aparente (DA) e dureza (D)

Modelos ajustados	R <sup>2</sup>
$IER = 3,06X'_1 + 1,82X'_2 + 1,69X'_3 + 1,12X'_1X'_2 - 1,59X'_1X'_3$	0,9918
$IEL = 2,04X'_1 + 1,74X'_2 + 1,46X'_3 + 1,38X'_1X'_2 - 1,39X'_1X'_3 - 0,73X'_2X'_3$	0,9816
$IEV = 6,27X'_1 + 3,02X'_2 + 2,33X'_3 + 5,07X'_1X'_2 - 6,92X'_1X'_3$	0,9694
$DA = 0,21X'_1 + 0,44X'_2 + 0,56X'_3 - 0,47X'_1X'_2 + 0,30X'_1X'_3$	0,9735
$DUREZA = 12,00X'_1 + 22,74X'_2 + 21,87X'_3 + 20,82X'_1X'_3$	0,8923

X<sub>1</sub>' = farinha de milho; X<sub>2</sub>' = bagaço de uva; e X<sub>3</sub>' = açúcar.

Tabela 7 – Desvios relativos para as propriedades físicas índice de expansão radial (IER), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrico (IEV), densidade aparente (DA) e dureza (D)

Formulação	Desvio Relativo (%)				
	IER	IEL	IEV	DA	D
1	0,00	-0,99	-1,29	1,89	9,82
2	1,62	-0,58	5,63	-5,04	5,64
3	2,31	-0,69	7,17	-4,66	0,30
4	0,73	32,24	5,40	1,79	-17,83
5	1,62	3,28	11,68	0,37	-0,18
6	-3,24	2,91	-7,43	7,02	-0,65
7	-3,78	15,67	-10,48	4,81	-4,27
7	1,03	16,19	-5,09	-1,02	2,60
7	0,57	17,21	-3,61	-1,75	0,70
7	-0,84	19,18	-3,03	-2,39	1,18

Desvio = (valor experimental - valor predito); desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

A farinha de milho apresentou interação positiva com o bagaço de uva e interação negativa com o açúcar, indicando efeito sinérgico e antagônico, respectivamente, com estes dois componentes da mistura. A formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho) apresentou o maior IER, o que pode ser observado através das superfícies de resposta e curvas de nível da Figura 5. À medida que se diminuiu a proporção de farinha de milho na mistura, o IER diminuiu, com isto, em maiores proporções de bagaço de uva e açúcar foram obtidos os menores valores de IER, sendo o efeito do açúcar mais acentuado na redução do IER do que o bagaço de uva, portanto o açúcar foi o componente da mistura que mostrou menor efeito aditivo para o índice de expansão radial, dentro dos níveis estudados.

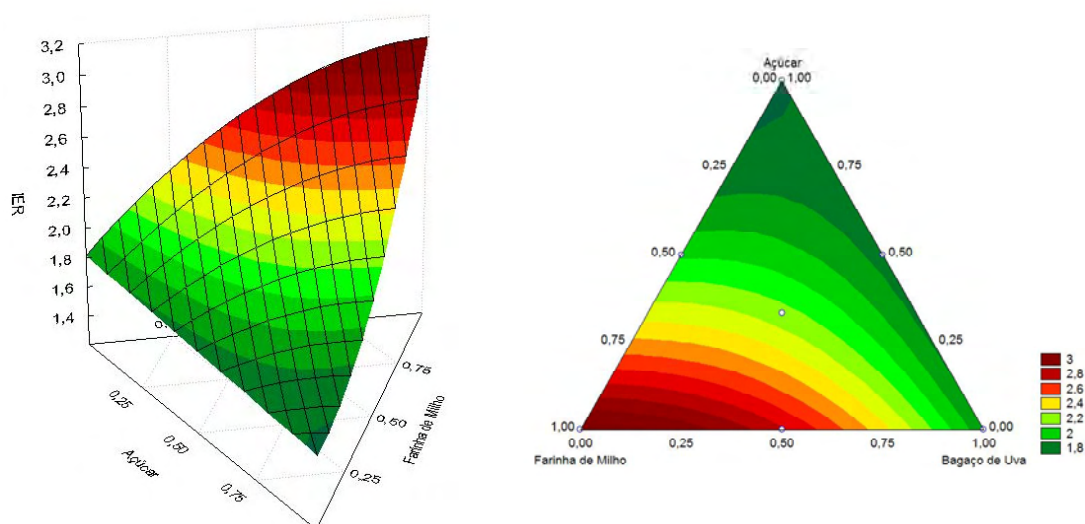


Figura 5 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do índice de expansão radial.

A aderência da fibra à massa fundida de amido também pode ser um fator limitante da expansão. Altan *et al.* (2008a) também observaram este efeito na elaboração de *snacks* à base de cevada e bagaço de tomate. De acordo com estes autores, a expansão pode sofrer redução com a adição do bagaço, em virtude do efeito de diluição do bagaço sobre o amido, pois a expansão de cereais extrusados depende da gelatinização do amido. Este efeito está de acordo com o obtido neste trabalho.

O açúcar fornece sabor, doçura, energia, textura, estabilização, controle da atividade de água e da cor no processo de extrusão (HUBER,

2001). Na Figura 5, à medida que se aproxima do vértice do componente açúcar, diminui o índice de expansão radial, que teve correlação positiva significativa com o índice de expansão longitudinal ( $R = 0,856$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8). Resultado similar foi encontrado por Mezreb *et al.* (2006), na avaliação do efeito da adição de açúcar (de 0 a 12,5%) em extrusados de milho em extrusora de dupla rosca. Os autores verificaram que aumento no conteúdo de açúcar, entre 5 e 12,5%, produziu diminuição no IER e IEL dos extrusados de milho.

De acordo com Huber (2001), a adição de fibras na formulação de extrusados reduz consideravelmente a expansão. As partículas de fibras geralmente diminuem a expansão por causa do rompimento da parede da bolha de ar antes que ela possa expandir em seu máximo potencial (LUE HSIEH; HUFF, 1991).

O IER também apresentou correlação positiva significativa com o IEV ( $R = 0,968$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8). Este resultado está de acordo com o encontrado por Carvalho e Mitchell (2000), avaliando o efeito da adição de açúcar em extrusados de *gritz* de milho em extrusora de dupla rosca. Os autores observaram que, para umidade constante, a adição de açúcar causou redução acentuada do índice de expansão radial e volumétrica dos extrusados. Em baixa umidade (14%) a redução foi mais acentuada em níveis de açúcar acima de 10%. Neste estudo, níveis de açúcar acima de 4% (componente original) já causaram redução significativa do IER, provavelmente por causa da presença concomitante do bagaço de uva na mistura.

A possível causa desta redução no IER, nos extrusados de milho com a adição de açúcar, pode ser por causa do fato de o açúcar tender a se ligar com a água, limitando a água disponível para a gelatinização do amido (HUBER, 2001). Além disto, o efeito de plasticização produzido pelo açúcar, com redução da temperatura de transição vítrea e, conseqüente redução da pressão de vapor da água, também pode explicar a redução do IER (ALTAN *et al.*, 2008b).

Tabela 8 – Coeficientes de correlação entre as propriedades físicas e sensoriais dos produtos extrusados

	IEL	IEV	DA	D	L	a	b	$\Delta E$	Ap	S	T	AG	IC
IER	0,856**	0,968**	-0,953**	-0,936**	0,266 <sup>ns</sup>	-0,593 <sup>ns</sup>	0,739*	-0,227 <sup>ns</sup>	0,864**	0,570 <sup>ns</sup>	0,952**	0,879**	0,846**
IEL		0,954**	-0,926**	-0,828**	-0,086 <sup>ns</sup>	-0,215 <sup>ns</sup>	0,336 <sup>ns</sup>	0,111 <sup>ns</sup>	0,861**	0,157 <sup>ns</sup>	0,872**	0,562 <sup>ns</sup>	0,523 <sup>ns</sup>
IEV			-0,962**	-0,936**	0,118 <sup>ns</sup>	-0,442 <sup>ns</sup>	0,578 <sup>ns</sup>	-0,084 <sup>ns</sup>	0,904**	0,415 <sup>ns</sup>	0,952**	0,770**	0,734*
DA				0,841**	-0,099 <sup>ns</sup>	0,433 <sup>ns</sup>	-0,578 <sup>ns</sup>	0,066 <sup>ns</sup>	-0,846**	-0,355 <sup>ns</sup>	-0,922**	-0,739*	-0,699*
D					-0,243 <sup>ns</sup>	0,538 <sup>ns</sup>	-0,647*	0,210 <sup>ns</sup>	-0,884**	-0,605 <sup>ns</sup>	-0,926**	-0,871**	-0,837**
L						-0,918**	0,739*	-0,998**	-0,113 <sup>ns</sup>	0,728*	0,014 <sup>ns</sup>	0,476 <sup>ns</sup>	0,562 <sup>ns</sup>
a							-0,925**	0,899**	-0,261 <sup>ns</sup>	-0,876**	-0,372 <sup>ns</sup>	-0,762*	-0,824**
b								-0,700*	0,439 <sup>ns</sup>	0,878**	0,589 <sup>ns</sup>	0,879**	0,917**
$\Delta E$									0,145 <sup>ns</sup>	-0,703*	0,029 <sup>ns</sup>	-0,438 <sup>ns</sup>	-0,524 <sup>ns</sup>
Ap										0,416 <sup>ns</sup>	0,913**	0,725*	0,670*
S											0,431 <sup>ns</sup>	0,853**	0,882**
T												0,820**	0,768**
AG													0,986**

IER = índice de expansão radial; IEL = índice de expansão longitudinal; IEV = índice de expansão volumétrico; DA = densidade aparente; D = dureza; Ap = aparência; S = sabor; T = textura; AG = aceitação global; e IC = intenção de compra.

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); e <sup>ns</sup> Não significativo.

### 3.3.2 Índice de expansão longitudinal e volumétrico

Os resultados do índice de expansão longitudinal (IEL) e índice de expansão volumétrico (IEV) para as diferentes formulações estão listados na Tabela 4. Assim como o IER, os melhores ajustes para essas propriedades foram obtidos com o modelo quadrático (Tabela 5), tanto para o IEL quanto para o IEV, que apresentaram alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9816$  e  $R^2 = 0,9694$ ), respectivamente (Tabela 6); e desvios relativos baixos (Tabela 7), apesar da falta de ajuste ter sido significativa ( $p < 0,05$ ) para ambos (Tabela 5) IEL e IEV, os modelos podem ser utilizados para fins preditivos. As superfícies de resposta e as curvas de nível para o IEL e o IEV são apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

Novamente o componente da mistura que teve maior efeito aditivo para estas duas propriedades (IEL e IEV) foi a farinha de milho. Dentre os componentes da mistura, o açúcar foi aquele que apresentou o menor efeito aditivo para o IEL e o IEV. Todas as interações entre os componentes da mistura foram significativas para o IEL, as interações farinha de milho e açúcar, e bagaço de uva e açúcar apresentaram um efeito negativo para o IEL, indicando um antagonismo entre estes componentes na formulação. Já a interação farinha de milho e bagaço de uva apresentou efeito positivo, indicando sinergismo entre estes componentes. No caso do IEV, somente a interação bagaço de uva e açúcar não foi significativa. A interação que apresentou maior efeito sobre este parâmetro foi de farinha de milho e o açúcar. Este efeito foi antagônico, representado pelo sinal negativo do coeficiente. A interação farinha de milho e bagaço de uva apresentou efeito positivo, significativo para o IEV, indicando efeito sinérgico entre estes componentes.

Os IEL e IEV deste estudo apresentaram valores entre 1,45 e 3,06 para o IEL e 2,49 e 6,25 para o IEV, respectivamente, para as sete formulações. As misturas com menores valores de IEL foram as formulações F3 (com maior proporção de açúcar), F5 e F6. Por outro lado, a mistura com maior IEL foi a formulação F4. Nas formulações F6 e F4, foi obtido o valor mínimo e máximo do IEV, respectivamente.

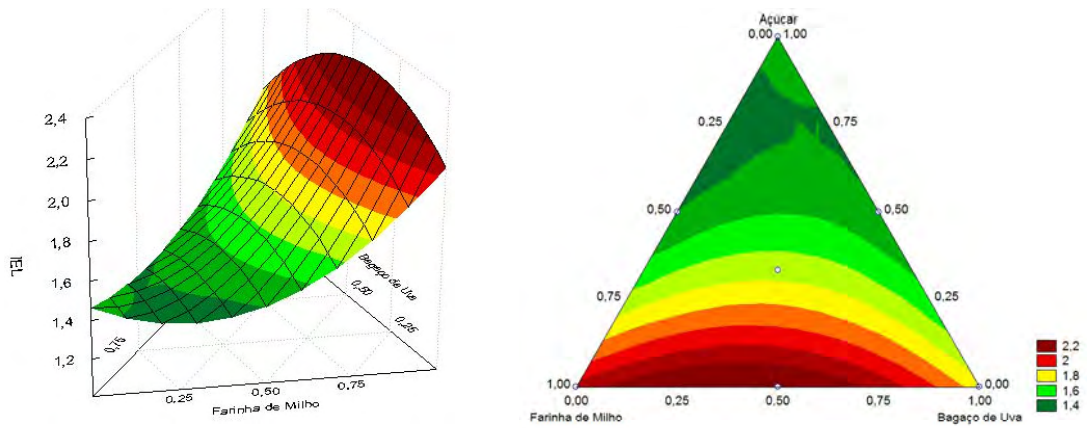


Figura 6 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do índice de expansão longitudinal.

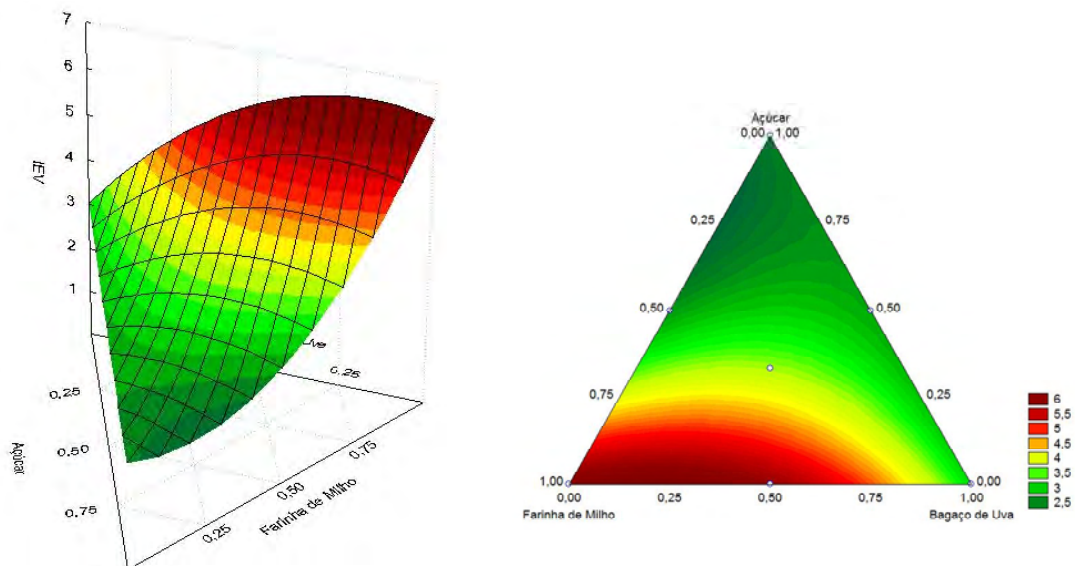


Figura 7 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do índice de expansão volumétrico.

O índice de expansão longitudinal está relacionado com o comprimento específico dos extrusados, enquanto o índice de expansão volumétrico está relacionado com o volume específico. O IEL teve correlação positiva significativa com o IEV ( $R = 0,954$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8). O IEL e o IEV diminuíram quando aumentou a proporção de açúcar na formulação (Figuras 5 e 6). Este resultado está em concordância com os de HSIEH *et al.* (1993), que estudaram a extrusão de farinha de arroz com sal e açúcar.

### 3.3.3 Densidade aparente

A densidade aparente (DA) é uma importante característica dos produtos extrusados expandidos que, de modo geral, é inversamente proporcional ao índice de expansão (WANG *et al.*, 2007). O resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático (Tabela 5) mostrou que o melhor ajuste foi obtido com o modelo quadrático, que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9735$ ) (Tabela 6), falta de ajuste não significativa e desvios baixos (Tabela 7).

Em relação aos componentes puros ( $X_i = 100\%$ ), o açúcar foi o que teve maior efeito aditivo sobre a densidade aparente, seguido do bagaço de uva (Figura 8). A interação farinha de milho e bagaço de uva apresentou efeito negativo significativo, indicando antagonismo entre estes componentes, enquanto a interação farinha de milho e açúcar apresentou efeito positivo, indicando efeito sinérgico.

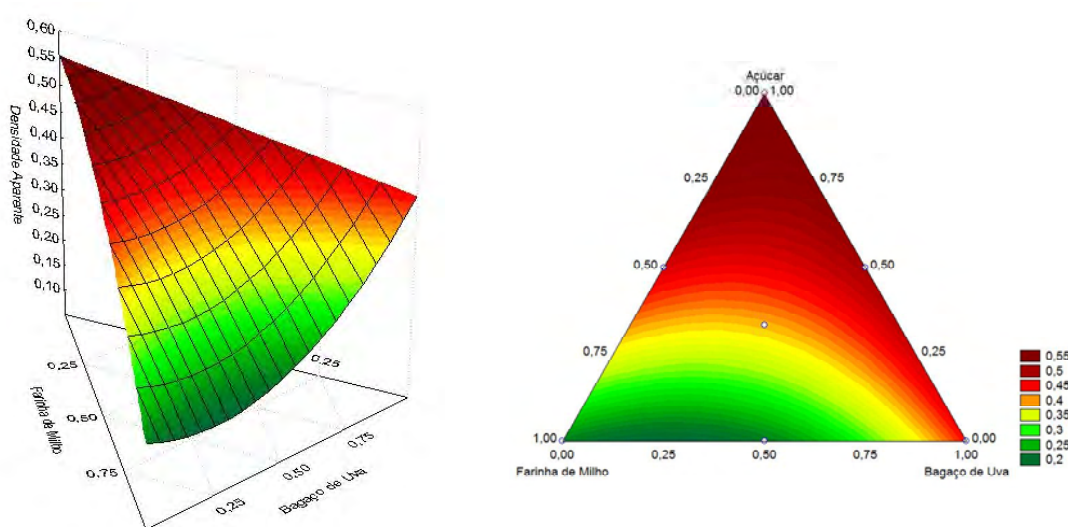


Figura 8 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático da densidade aparente.

A densidade aparente (DA) variou de 0,21 a 0,54  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , para as sete formulações (Tabela 4). As misturas com menores DA foram as formulações F1 (com maior proporção de farinha de milho) e F4. Por outro lado, as misturas com maiores DA foram as formulações F3 (com maior proporção de açúcar) e F6.

O efeito do aumento na proporção de açúcar na formulação, causando elevação na densidade aparente, está em concordância com o resultado encontrado por Barret *et al.* (1995), em estudo que avaliaram o efeito da sacarose nas propriedades térmicas, na resistência mecânica e na estrutura de extrusados de milho. Este efeito pode ser explicado pela redução da viscosidade da massa fundida e da elasticidade causada pelo açúcar (BARRET *et al.*, 1995), da limitação da água disponível para a gelatinização do amido e da redução da temperatura de transição vítrea (MEZREB *et al.*, 2006).

A densidade aparente apresentou correlação negativa significativa, com o IER ( $R = -0,953$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8), resultado de acordo com o obtido por Altan *et al.* (2008b), no estudo de *snacks* à base de cevada e bagaço de uva. As fibras rompem a parede celular e reduzem a formação de bolhas dos expandidos em seu potencial máximo (ANTON *et al.*, 2009).

### 3.3.4 Textura instrumental

Para a textura instrumental, dado em dureza (D), pico de força máxima, os extrusados apresentaram valores entre 13,31 e 24,10 N (Tabela 4). O resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático (Tabela 5) mostrou que o melhor ajuste foi obtido com o modelo quadrático que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,8923$ ) (Tabela 6), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 7), sendo, deste modo, um modelo satisfatório para fins preditivos, indicando que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de interação entre os componentes da mistura sobre a dureza.

A mistura com menor D foi a formulação F1, com maior proporção de farinha de milho (Tabela 4). Por outro lado, a mistura com maior D foi a formulação F3, com maior proporção de bagaço de uva. Por meio dos gráficos da Figura 9, pode-se observar que em maiores proporções de bagaço de uva e açúcar foram obtidos os maiores valores de dureza. Quanto maior a densidade aparente do extrusado naturalmente irá oferecer maior dureza, fato evidenciado pela significativa correlação entre estas duas variáveis ( $R = 0,841$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8). O oposto ocorreu com o IER, apresentado correlação negativa ainda maior com a dureza ( $R = -0,936$ ;  $p < 0,01$ ).

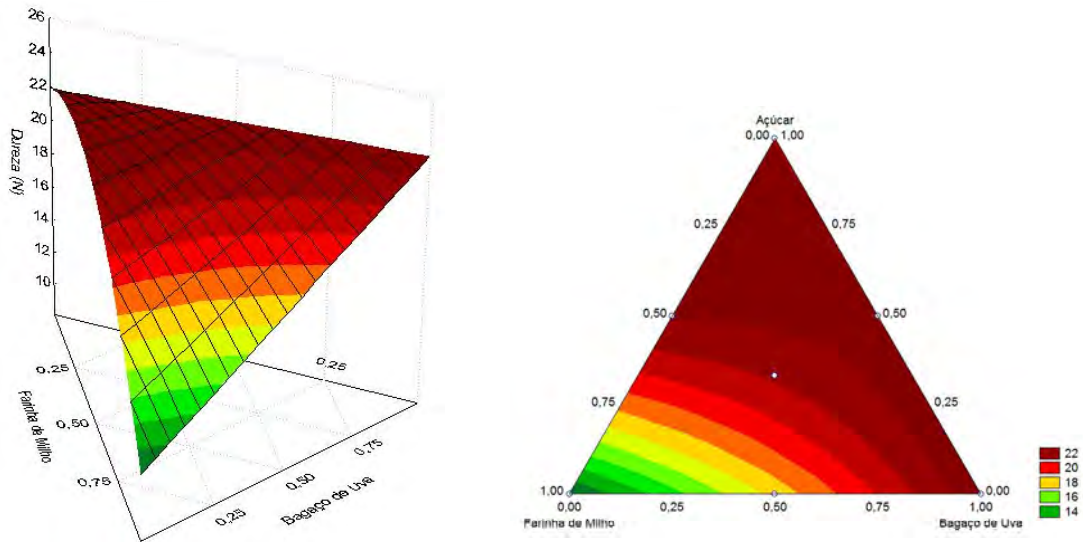


Figura 9 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático da dureza instrumental.

### 3.3.5 Coordenadas de cor

A cor é um fator de qualidade importante relacionado diretamente com a aceitabilidade de alimentos processados, e trata-se de uma propriedade física importante na análise de produtos extrusados. A luminosidade (“L”) apresentou valores entre 44,34 e 58,38, para as sete formulações (Tabela 4). A mistura com menor luminosidade foi a formulação F6. Por outro lado, a mistura com maior luminosidade foi a formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho). O resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático é apresentado na Tabela 9. O modelo linear foi significativo ( $p < 0,05$ ) e com falta de ajuste não significativa, e coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,6026$ ) (Tabela 10), que significa que o modelo explica 60,26% da variação dos resultados obtidos para luminosidade, com desvios relativos baixos (Tabela 11), podendo este modelo ser utilizado para fins preditivos. Como o modelo linear foi o melhor ajuste obtido, conclui-se que não houve interação entre os componentes da mistura para o valor de L.

De acordo com os coeficientes de regressão da Tabela 10 e a superfície de resposta e as curvas de nível da Figura 10, pode-se confirmar que a farinha de milho foi o componente da mistura que apresentou maior efeito no aumento da luminosidade. O valor L diminuiu com a redução da farinha de milho na composição da formulação e, conseqüentemente, com o

Tabela 9 – Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para os parâmetros de cor

Modelo	GL	Quadrado Médio			
		L	a	b	$\Delta E$
<b>Linear</b>	2	52,3802*	4,7212*	9,4698*	41,3389*
Resíduo da regressão	7	9,8682	0,2515	0,1727	8,6981
Falta de ajuste	4	11,7589 <sup>ns</sup>	0,3371 <sup>ns</sup>	0,2704 <sup>ns</sup>	9,8108 <sup>ns</sup>
Erro puro	3	7,3473	0,1372	0,0425	7,2145
<b>Quadrático</b>	5	30,1661 <sup>ns</sup>	2,1458*	3,9920*	24,2634 <sup>ns</sup>
Resíduo da regressão	4	5,7519	0,1184	0,0471	5,5619
Falta de ajuste	1	0,9656 <sup>ns</sup>	0,0620 <sup>ns</sup>	0,0609 <sup>ns</sup>	0,6042 <sup>ns</sup>
Erro puro	3	7,3473	0,1372	0,0425	7,2145

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); e <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 10 – Modelos ajustados para as coordenadas de cor: luminosidade “L”, valor “a”, valor “b” e diferença de cor ( $\Delta E$ )

Modelos Ajustados	R <sup>2</sup>
$L = 55,22X'_1 + 42,66X'_2 + 51,67X'_3$	0,6026
$a = 4,09X'_1 + 7,97X'_2 + 6,24X'_3$	0,8429
$b = 16,14X'_1 + 10,85X'_2 + 6,24X'_3$	0,9400
$\Delta E = 38,42X'_1 + 49,41X'_2 + 40,97X'_3$	0,5759

X<sub>1</sub>' = farinha de milho; X<sub>2</sub>' = bagaço de uva; e X<sub>3</sub>' = açúcar.

Tabela 11 – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para as coordenadas de cor: luminosidade “L”, valor “a”, valor “b” e diferença de cor ( $\Delta E$ )

Formulação	Desvio Relativo (%)			
	L	a	b	$\Delta E$
1	-1,38	6,98	-0,67	2,02
2	6,85	-5,33	3,71	-6,09
3	0,06	-0,18	48,11	-0,24
4	-2,66	-0,77	-2,29	2,26
5	8,45	-19,53	25,30	-12,61
6	-6,38	7,50	24,30	5,84
7	0,77	0,90	14,22	-1,10
7	-10,66	9,20	16,31	9,75
7	2,39	-4,58	13,49	-3,23
7	-0,16	0,29	13,42	-0,15

Desvio = (valor experimental - valor predito); e desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

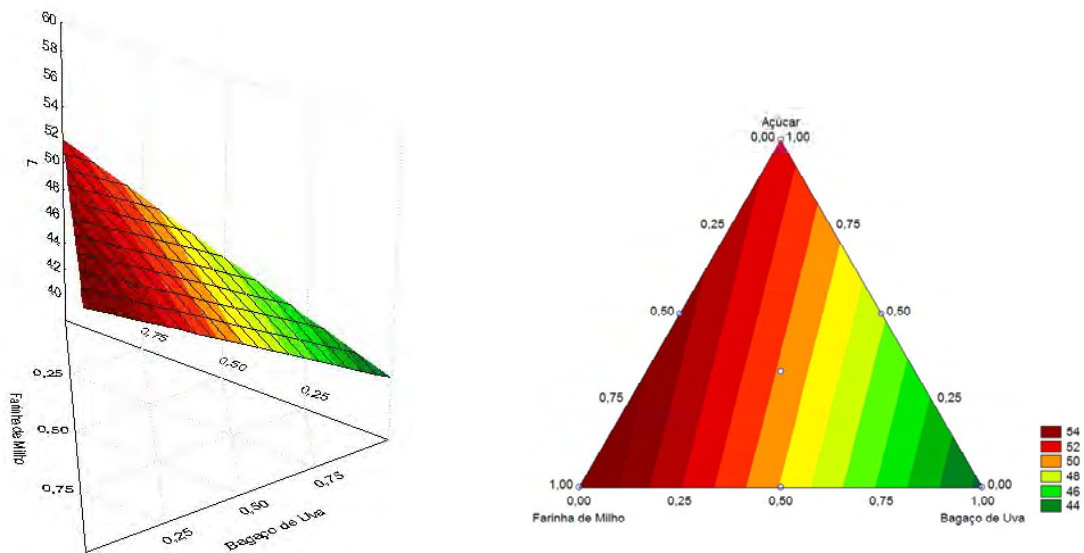


Figura 10 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear da luminosidade.

aumento da proporção de bagaço de uva na formulação. Este resultado está de acordo com o obtido por Altan *et al.* (2008b), em *snacks* à base de cevada e bagaço de uva. Para estes autores, a redução da luminosidade está relacionada com as reações de escurecimento de caramelização e reação de Maillard dos açúcares presentes no bagaço.

Com o resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático (Tabela 9), observa-se que não houve interação entre os componentes da mistura para o valor “a”, pois o melhor ajuste foi obtido com o modelo linear que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,8923$ ) (Tabela 10), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 11), sendo, deste modo, um modelo satisfatório para fins preditivos.

O valor “a” esteve entre 4,32 e 7,68, para as sete formulações. A mistura com menor valor de “a”, redução na intensidade do vermelho, foi a formulação F5. Por outro lado, a mistura com maior valor de “a”, aumento na intensidade do vermelho, foi a formulação F6.

De acordo com a Figura 11, pode-se observar que o bagaço de uva foi o componente da mistura que apresentou maior efeito no aumento da intensidade do vermelho, valor “a”. Por outro lado, o aumento da proporção da farinha de milho na mistura fez diminuir o valor “a”. O valor “a” apresentou correlação negativa significativa com o valor L,  $R = -0,918$  ( $p < 0,01$ )

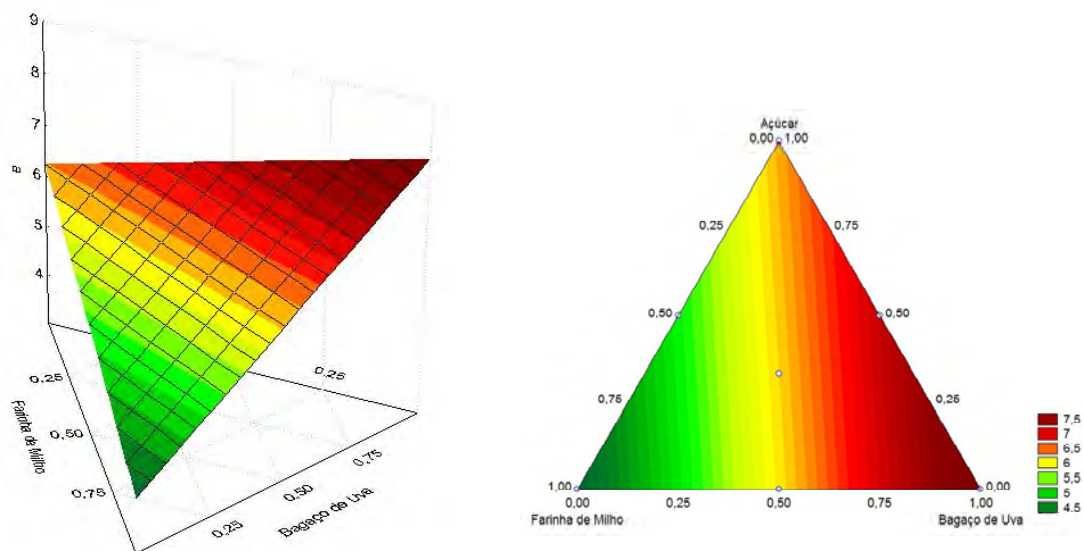


Figura 11 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do valor “a”.

(Tabela 8). Esta correlação está de acordo com a obtida por Altan *et al.* (2008), para *snacks* à base de cevada e bagaço de uva.

A Figura 12 apresenta a superfície de resposta e as curvas de nível do valor de “b”. O valor “b” esteve entre 11,27 e 16,03, para as sete formulações (Tabela 4). O melhor ajuste foi obtido com o modelo linear (Tabela 9), que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9400$ ) (Tabela 10), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 11), sendo, deste modo, um modelo satisfatório para fins preditivos, indicando que não houve interação entre os componentes da mistura sobre esta coordenada de cor.

A mistura com menor valor de “b”, diminuição da intensidade do amarelo, foi a formulação F3 (com maior proporção de bagaço de uva). Por outro lado, a mistura com maior valor “b”, aumento da intensidade do amarelo, foi a formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho).

A farinha de milho foi o componente que apresentou o maior efeito no valor “b”, como pode ser observado na Tabela 10, pelo coeficiente de regressão, e na Figura 12, com as superfícies de resposta e as curvas de nível. Os menores valores de “b” estão associados às maiores proporções de bagaço de uva na mistura. O parâmetro “b” apresentou correlação positiva significativa com a luminosidade ( $R = 0,739$ ;  $p < 0,05$ ), e o IER

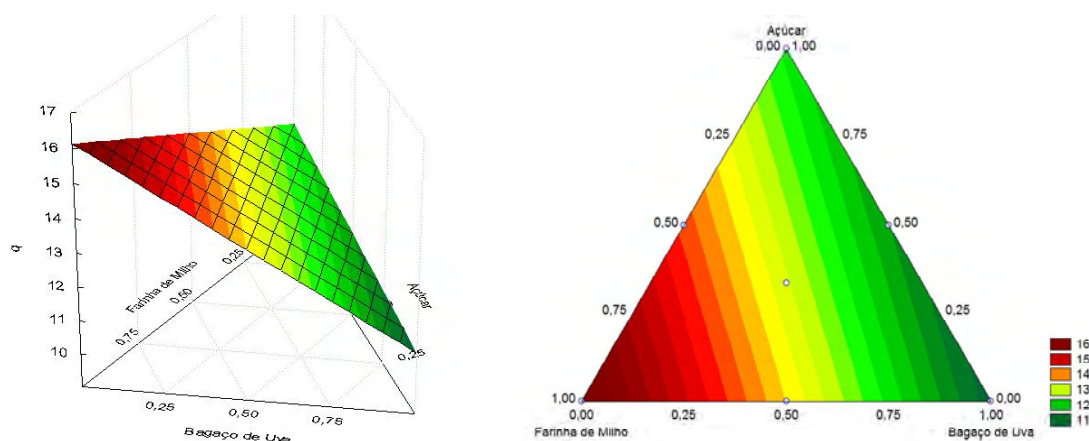


Figura 12 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do valor “b”.

( $R = 0,739$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 8). Os carotenóides presentes na farinha de milho devem ser os responsáveis pelo aumento deste valor, o que também pode explicar a correlação com o IER, pois o aumento da proporção de farinha de milho, como já foi visto neste trabalho, eleva o IER. O valor “b” também apresentou correlação negativa significativa com a dureza ( $R = - 0,647$ ;  $p < 0,05$ ) e valor “a” ( $R = - 0,925$ ;  $p < 0,01$ ).

A diferença de cor ( $\Delta E$ ) apresentou valores entre 35,25 e 48,00, para as sete formulações (Tabela 4). O resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático é apresentado na Tabela 9. O modelo linear foi significativo ( $p < 0,05$ ) e com falta de ajuste não significativa, e coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,5759$ ) (Tabela 10), que significa que o modelo explica 57,59% da variação dos resultados obtidos para  $\Delta E$ , com desvios relativos baixos (Tabela 11), podendo este modelo ser utilizado para fins preditivos. Como o modelo linear foi o melhor ajuste obtido, conclui-se que não houve interação entre os componentes da mistura para o valor de  $\Delta E$ .

A mistura com menor valor de  $\Delta E$  foi a formulação F5. Por outro lado, a mistura com maior valor de  $\Delta E$  foi a formulação F6 (Tabela 4.4). Como pode ser observado na Figura 13, o bagaço de uva foi o componente que apresentou o maior efeito no aumento do valor  $\Delta E$ . Este resultado está de acordo com o obtido por Altan *et al.* (2008). Os menores valores de  $\Delta E$  estão associados às maiores proporções de farinha de milho na mistura. O valor de  $\Delta E$  apresentou correlação positiva significativa com o valor “a” ( $R = 0,899$ ;

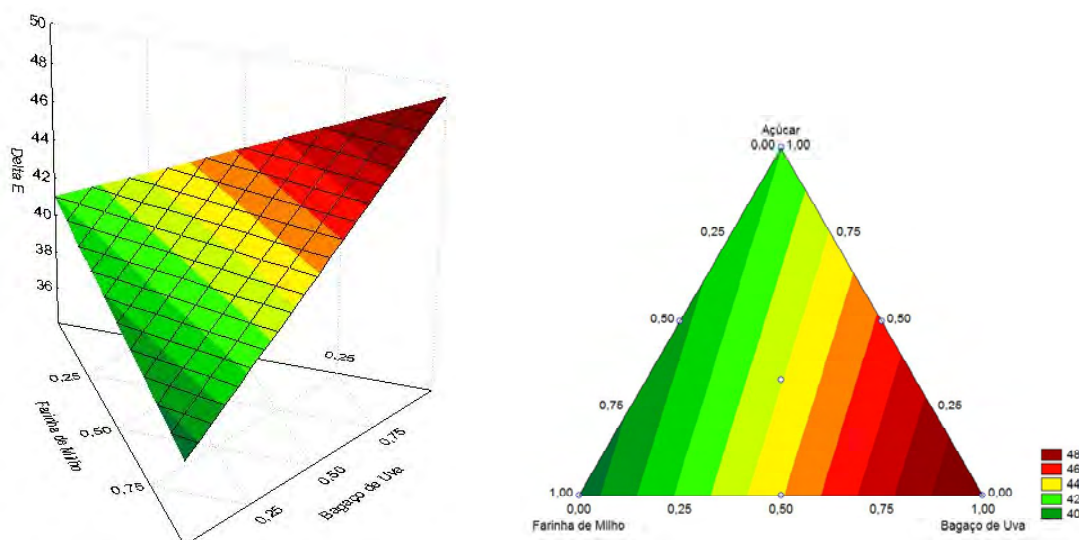


Figura 13 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do valor de  $\Delta E$ .

$p < 0,01$ ), e correlação negativa significativa com a luminosidade ( $R = - 0,998$ ;  $p < 0,01$ ) e o valor “b” ( $R = - 0,700$ ;  $p < 0,05$ ), conforme mostra a Tabela 8. As correlações da diferença de cor ( $\Delta E$ ) com o valor de “a” e a luminosidade, estão de acordo com o resultado obtido por Altan *et al.* (2008).

### 3.4 Propriedades sensoriais dos produtos extrusados

#### 3.4.1 Aparência

O atributo sensorial de aparência foi a variável resposta que apresentou a menor variação entre as propriedades sensoriais dos extrusados, com valor mínimo e máximo entre 4,06 e 4,79, para as sete formulações, com classificação entre desgostei ligeiramente a não gostei e nem desgostei. As misturas com menor valor de aparência foram as formulações F2 (com maior proporção de bagaço de uva) e F5. Por outro lado, a mistura com maior valor de aparência foi a formulação F4 (Tabela 4).

O resultado da ANOVA do modelo linear e quadrático é mostrado na Tabela 12. O melhor ajuste foi obtido com o modelo quadrático, que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9135$ ) (Tabela 13), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 14), sendo, deste modo, um modelo satisfatório para fins preditivos, indicando que

Tabela 12 – Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para as propriedades sensoriais dos extrusados

Modelo	GL	Quadrado Médio				
		Aparência	Sabor	Textura	Aceitação Global	Intenção de Compra
<b>Linear</b>	2	0,1248 <sup>ns</sup>	1,1161*	3,1430*	0,8690*	0,9883*
R. regressão	7	0,0419	0,0232	0,2490	0,0256	0,0234
F. de Ajuste	4	0,0635 <sup>ns</sup>	0,0122 <sup>ns</sup>	0,4082*	0,0265 <sup>ns</sup>	0,0283 <sup>ns</sup>
Erro Puro	3	0,0132	0,0378	0,0369	0,0244	0,0168
<b>Quadrático</b>	5	0,0995*	0,4501*	1,5765*	0,3672*	0,4060*
R. regressão	4	0,0114	0,0359	0,0367	0,0203	0,0275
F. de Ajuste	1	0,0062 <sup>ns</sup>	0,0303 <sup>ns</sup>	0,0364 <sup>ns</sup>	0,0078 <sup>ns</sup>	0,0597 <sup>ns</sup>
Erro Puro	3	0,0132	0,0378	0,0369	0,0244	0,0168

\* Significativo (p < 0,05); <sup>ns</sup> não significativo (p < 0,05).

Tabela 13 – Modelos ajustados para as propriedades sensoriais

Modelos Ajustados	R <sup>2</sup>
$APARÊNCIA = 4,66X'_1 + 4,08X'_2 + 4,19X'_3 + 1,57X'_1X'_2 - 1,57X'_1X'_3$	0,9135
$SABOR = 5,34X'_1 + 3,46X'_2 + 4,60X'_3$	0,9323
$TEXTURA = 6,76X'_1 + 4,45X'_2 + 3,88X'_3 + 2,81X'_1X'_2 - 4,57X'_1X'_3$	0,9642
$AVALIAÇÃO GLOBAL = 5,42X'_1 + 3,88X'_2 + 4,09X'_3$	0,9065
$INTENÇÃO DE COMPRA = 5,15X'_1 + 3,48X'_2 + 3,78X'_3$	0,9236

X'<sub>1</sub> = farinha de milho; X'<sub>2</sub> = bagaço de uva; e X'<sub>3</sub> = açúcar.

Tabela 14 – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para as propriedades sensoriais

Formulação	Desvio Relativo (%)				
	Aparência	Sabor	Textura	Aceitação Global	Intenção de Compra
1	-0,22	-1,71	0,00	-0,56	-1,98
2	-0,49	-1,17	-3,97	-4,58	-4,50
3	-0,48	-0,22	-4,58	0,24	-1,07
4	0,57	3,51	-0,12	3,93	5,37
5	0,68	1,78	-0,18	-3,37	0,56
6	1,55	0,00	7,65	3,04	3,46
7	-2,62	1,62	0,53	3,18	2,90
7	3,36	2,47	5,02	1,69	0,56
7	-1,65	-0,37	-4,42	0,59	-0,89
7	-0,70	-7,63	-1,14	-5,02	-4,73

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

houve interação entre os componentes da mistura sobre o atributo sensorial aparência.

Pode ser observado pelos coeficientes de regressão (Tabela 13), pela superfície de resposta e pelas curvas de nível (Figura 14), que a farinha de milho apresentou maior efeito no escore de aparência dos extrusados, seguido do açúcar e do bagaço de uva. Altan *et al.* (2008) também verificaram redução das notas dos avaliadores para o atributo cor, com o aumento do teor de bagaço de uva na mistura com cevada.

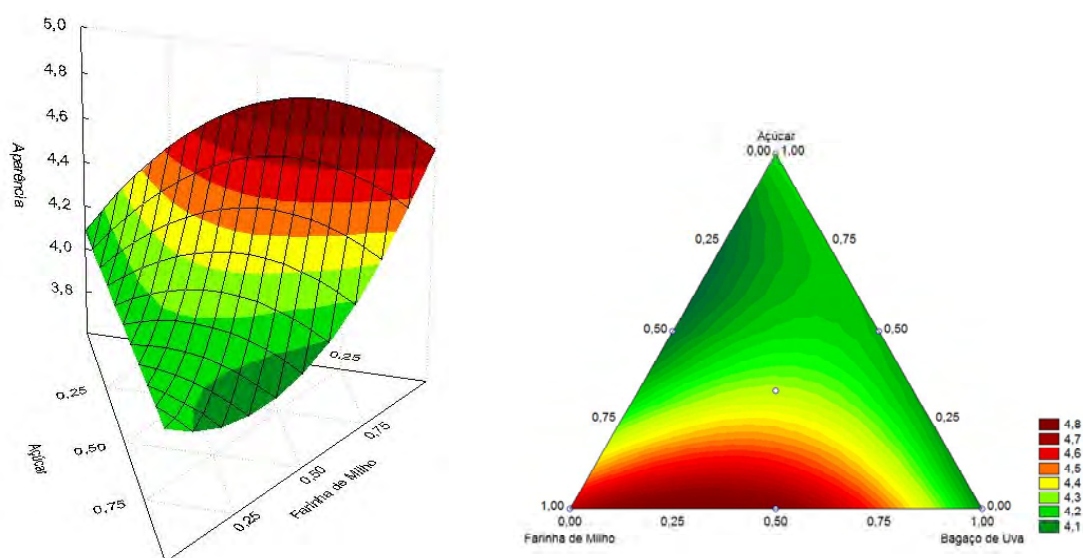


Figura 14 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do atributo sensorial aparência.

A aparência apresentou correlação positiva significativa com o IER ( $R = 0,864$ ;  $p < 0,01$ ), IEL ( $R = 0,861$ ;  $p < 0,01$ ), IEV ( $R = 0,904$ ;  $p < 0,01$ ), densidade aparente ( $R = - 0,846$ ;  $p < 0,01$ ) e dureza ( $R = - 0,884$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8).

### 3.4.2 Sabor

Pelo resultado da ANOVA (Tabela 12), o modelo que melhor se ajustou para este atributo foi o modelo linear que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9323$ ) (Tabela 13), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 14), podendo o modelo ser utilizado para

fins preditivos Como o modelo linear foi o melhor ajuste obtido, conclui-se que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) de interação entre os componentes da mistura para o atributo sensorial sabor.

O sabor apresentou escores entre 3,42 (desgostei moderadamente a desgostei ligeiramente) e 5,25 (nem gostei, nem desgostei e a gostei ligeiramente), para as sete formulações. A mistura com menor escore para sabor foi a formulação F2 (com maior proporção bagaço de uva) (Tabela 4). Por outro lado, a mistura com maior escore para sabor foi a formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho).

A farinha de milho foi o componente da mistura que apresentou maior efeito no sabor dos extrusados, seguido do açúcar e do bagaço de uva, portanto, o bagaço de uva foi o componente da formulação que mais afetou negativamente o sabor. Este efeito negativo pode ser observado nitidamente na superfície de resposta e nas curvas de nível da Figura 15.

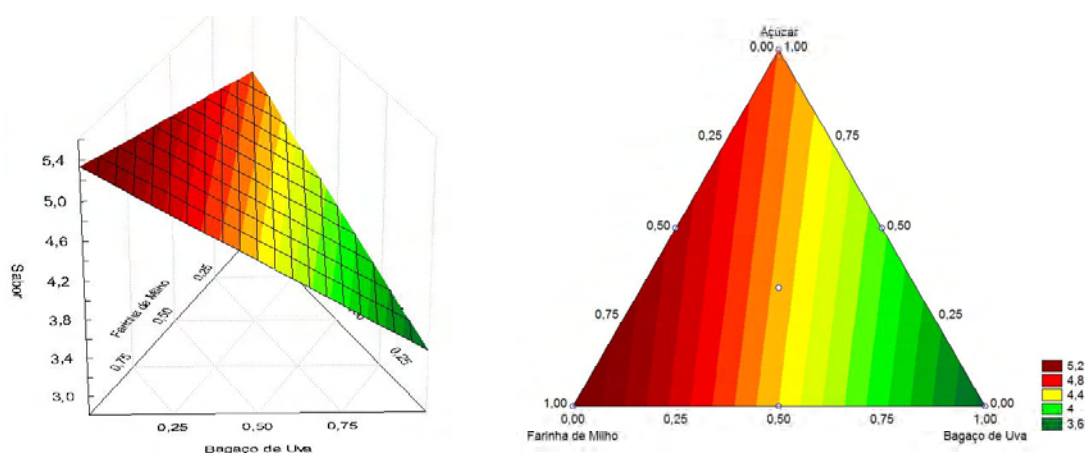


Figura 15 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear do atributo sensorial sabor.

O sabor apresentou correlação significativa com todos os parâmetros de cor (Tabela 8). A correlação foi positiva e significativa para o valor de L ( $R = 0,728$ ;  $p < 0,05$ ) e valor de “b” ( $R = 0,878$ ;  $p < 0,01$ ), e negativa e significativa para o valor de “a” ( $R = -0,876$ ;  $p < 0,01$ ) e o  $\Delta E$  ( $R = -0,703$ ;  $p < 0,05$ ).

### 3.4.3 Textura

A textura apresentou escores entre 3,71 (desgostei moderadamente a desgostei ligeiramente) e 6,76 (gostei ligeiramente a gostei moderadamente), para as sete formulações. A mistura com menor escore para textura foi a formulação F3 (com maior proporção de açúcar). Por outro lado, a mistura com maior escore para textura foi a formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho) (Tabela 4).

A ANOVA (Tabela 12) mostrou que o melhor ajuste para este atributo foi obtido com o modelo quadrático, que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9642$ ) (Tabela 13), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 14), sendo, deste modo, um modelo satisfatório para fins preditivos, indicando que houve interação entre os componentes da mistura sobre o atributo sensorial textura.

De acordo com a superfície de resposta e as curvas de nível da Figura 16, a farinha de milho foi o componente da mistura que apresentou maior efeito na textura dos extrusados, enquanto o açúcar foi o componente que causou maior efeito negativo. A textura apresentou correlação negativa significativa com a textura instrumental ( $R = - 0,926$ ;  $p < 0,01$ ), dada em termos de dureza, para a força máxima de cisalhamento (Tabela 8). Este resultado está de acordo com o obtido por Altan *et al.* (2008), para *snacks* à base de cevada e bagaço de uva. A textura também apresentou correlação positiva significativa com o IER ( $R = 0,952$ ;  $p < 0,01$ ), IEL ( $R = 0,872$ ;  $p < 0,01$ ), IEV ( $R = 0,952$ ;  $p < 0,01$ ), a aparência ( $R = 0,913$ ;  $p < 0,01$ ) e correlação negativa significativa com a densidade aparente ( $R = - 0,922$ ;  $p < 0,01$ ).

### 3.4.4 Aceitação global

Pelo resultado da ANOVA (Tabela 12), o modelo que melhor se ajustou para este atributo foi o modelo linear, que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0, 0,9065$ ) (Tabela 13), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 14), podendo o modelo ser utilizado para fins preditivos. Como o modelo linear foi o melhor ajuste

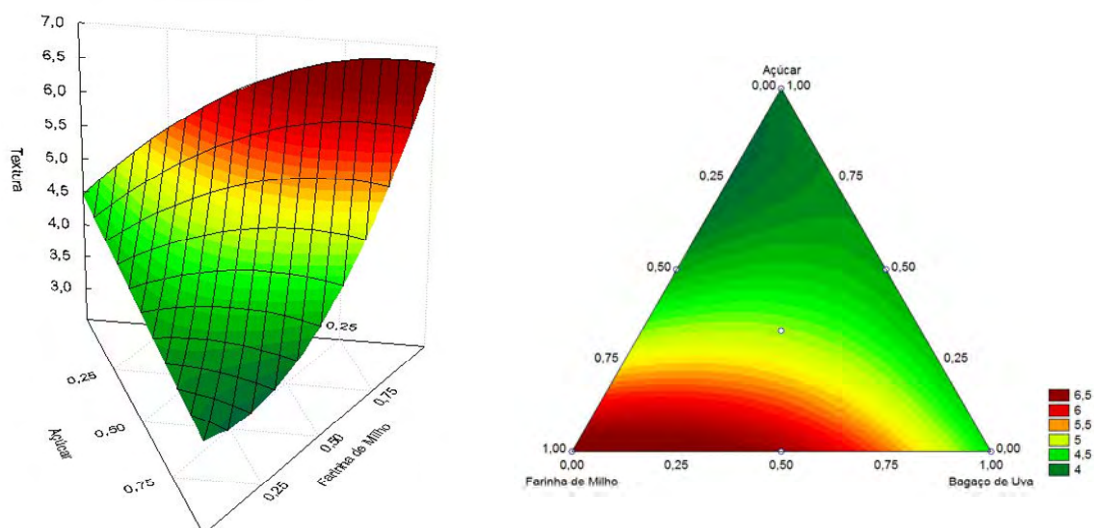


Figura 16 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo quadrático do atributo sensorial textura.

obtido, conclui-se que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) de interação entre os componentes da mistura para o atributo sensorial aceitação global.

A aceitação global apresentou escores entre 3,71 (desgostei moderadamente a desgostei ligeiramente) e 5,39 (nem gostei, nem desgostei, a gostei ligeiramente), para as sete formulações. A mistura com menor escore para aceitação global foi a formulação F2 (com maior proporção bagaço de uva) (Tabela 4). Por outro lado, a mistura com maior escore para aceitação global foi a formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho).

A farinha de milho foi o componente da mistura que apresentou maior efeito na aceitação global dos extrusados, seguido do componente açúcar e bagaço de uva. Pode-se observado na Figura 17, que os maiores valores para a aceitação global foram obtidos para pontos próximos do vértice da farinha de milho, com proporção acima de 0,75 para o pseudocomponente farinha de milho.

Souza e Menezes (2008) estudaram o efeito da mistura de torta de castanha e farinha de mandioca na aceitação global de extrusados. Neste trabalho, observaram que teores de torta de castanha entre 48 e 80% aumentaram a aceitação global dos extrusados obtidos.

Altan *et al.* (2008) estudaram o efeito da variação do teor de bagaço de tomate (0 a 12,5%), velocidade do parafuso e temperatura sobre a

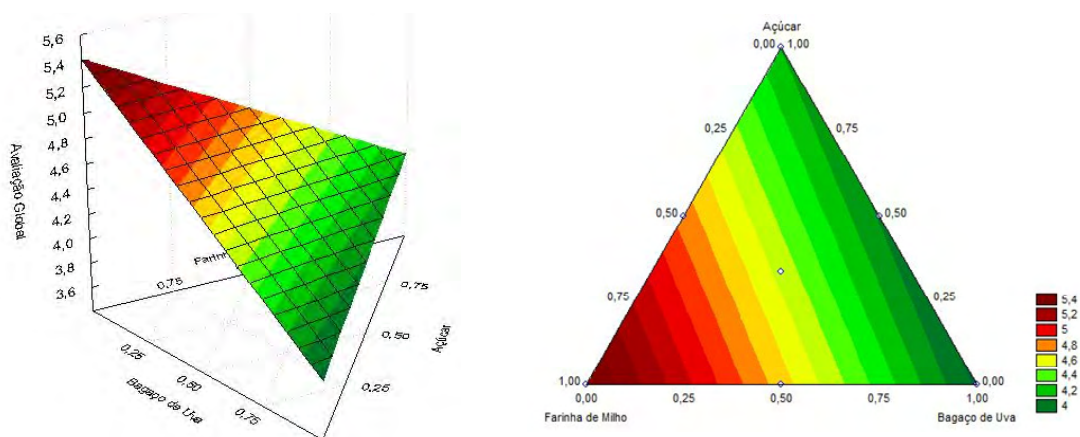


Figura 17 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear da avaliação global.

aceitabilidade global de *snacks* à base de cevada e bagaço de tomate. Verificou-se neste estudo que teores de bagaço de tomate de 2, 5 e 10% apresentaram as melhores notas, 4,85, 4,94 e 5,23, respectivamente, com diferença não significativa ( $p > 0,05$ ) para escala hedônica de sete pontos.

Em outro trabalho, os mesmos autores estudaram o efeito da variação do teor de bagaço de uva, a velocidade do parafuso e a temperatura sobre a aceitabilidade global de *snacks* à base de cevada e bagaço de uva. Aplicando praticamente as mesmas condições do trabalho anterior, observaram que teores de bagaço de uva de 2, 5 e 10% apresentaram as melhores notas, 5,53, 4,84 e 5,34, respectivamente, com diferença não significativa ( $p > 0,05$ ) para uma escala hedônica de sete pontos.

Como já era esperado, alta correlação positiva foi observada entre a aceitação global e todos os outros atributos sensoriais, como aparência ( $R = 0,725$ ;  $p < 0,05$ ), sabor ( $R = 0,853$ ;  $p < 0,01$ ) e textura ( $R = 0,820$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8). A aceitação global também apresentou correlação positiva significativa com o IEV ( $R = 0,770$ ;  $p < 0,05$ ) e o IER ( $R = 0,879$ ;  $p < 0,01$ ), indicando que aumento no IEV e IER leva a aumento na aceitação global. O valor de “b” também teve correlação positiva significativa com a aceitação global ( $R = 0,879$ ;  $p < 0,01$ ), ou seja, o aumento da cor amarelo levou ao aumento deste atributo sensorial. Correlação negativa significativa foi observada com as outras propriedades físicas (densidade aparente, dureza instrumental e valor “a”), conforme Tabela 8. A alta correlação negativa da

dureza instrumental com a avaliação global, avaliada em termos de força de cisalhamento ( $R = -0,871$ ;  $p < 0,01$ ), está de acordo com o resultado obtido por Altan *et al.* (2008), para *snack* à base de cevada e bagaço de uva.

### 3.4.5 Intenção de compra

Pelo resultado da ANOVA (Tabela 12), o modelo que melhor se ajustou para este atributo foi o modelo linear, que apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9236$ ) (Tabela 13), falta de ajuste não significativa e desvios relativos baixos (Tabela 14), podendo o modelo ser utilizado para fins preditivos. Como o modelo linear foi o melhor ajuste obtido, conclui-se que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) de interação entre os componentes da mistura para o atributo sensorial intenção de compra.

A intenção de compra apresentou escores entre 3,33 e 5,05 para as sete formulações. A Tabela 4 mostra que a mistura com menor valor para a intenção de compra foi a formulação F2 (com maior proporção de bagaço de uva). Por outro lado, a mistura com maior valor para a intenção de compra, única formulação com intenção positiva, foi a formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho).

A farinha de milho foi o componente da mistura que apresentou maior efeito na intenção de compra dos extrusados, seguido do açúcar e do bagaço de uva. Pela superfície de resposta e curvas de nível (Figura 18), pode-se observar que os maiores valores para a intenção de compra foram obtidos para pontos próximo do vértice da farinha de milho, ou seja, em maiores proporções de farinha de milho.

A intenção de compra apresentou correlação positiva significativa com o IER ( $R = 0,846$ ;  $p < 0,05$ ), IEV ( $R = 0,734$ ;  $p < 0,05$ ), valor de “b” ( $R = 0,917$ ;  $p < 0,01$ ), aparência ( $R = 0,670$ ;  $p < 0,05$ ), sabor ( $R = 0,882$ ;  $p < 0,01$ ), textura ( $R = 0,768$ ;  $p < 0,01$ ), aceitação global ( $R = 0,986$ ;  $p < 0,01$ ), correlação negativa significativa com a densidade aparente ( $R = -0,699$ ;  $p < 0,05$ ), dureza instrumental ( $R = -0,837$ ;  $p < 0,01$ ) e valor de “a” ( $R = -0,824$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabela 8). A aceitação global e a intenção de compra apresentaram curvas de níveis muito parecidas, como pode ser observado na Figura 19, que mostra em menor escala, para fins comparativos, todas as curvas de níveis obtidas neste estudo.

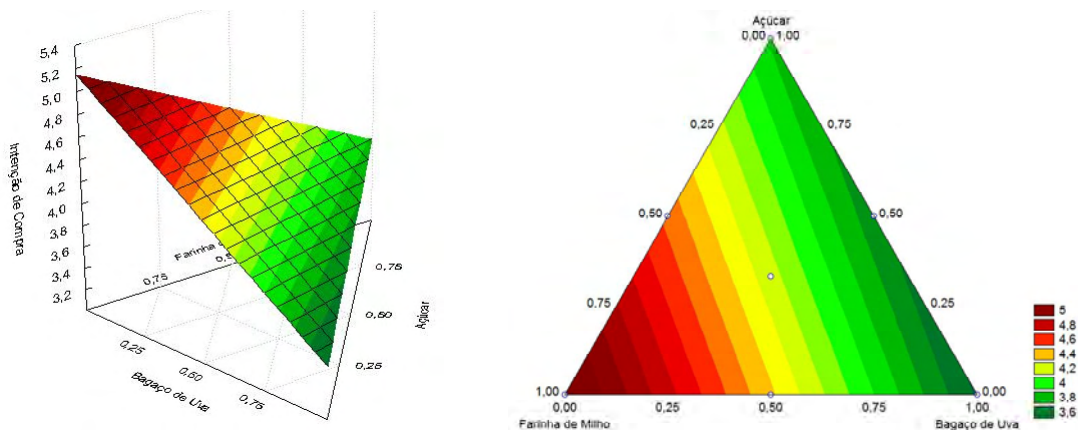


Figura 18 – Superfície de resposta e curvas de nível para o modelo linear da intenção de compra.

A Figura 19 mostra os extrusados obtidos nas sete formulações sobre a curva de nível de aceitação global. Como pode ser observado, maior aceitação foi obtida com os extrusados que apresentaram maior semelhança com os extrusados que seriam obtidos com o milho puro.

### 3.5. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante

A fim de avaliar o efeito da extrusão sobre o teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante, foram realizadas determinações analíticas destes compostos antes e depois da extrusão, para a formulação com a mistura do ponto central do delineamento experimental.

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre o teor de compostos fenólicos totais da formulação antes da extrusão e depois da extrusão, conforme pode ser observado na Figura 20. Este resultado está em desacordo com o obtido por Altan *et al.* (2009), que verificaram redução do conteúdo de fenólicos em extrusados à base de cevada e bagaço de uva, em relação à matéria-prima. No entanto, Ainsworth *et al.* (2007) também verificaram que a extrusão não afetou o conteúdo de fenólicos em extrusados com adição de resíduo fibroso da fabricação de cerveja em sua formulação, o mesmo ocorrendo com a capacidade antioxidante. Já Korus *et al.* (2007) observaram que dependendo da cultivar de feijão utilizada na elaboração dos extrusados, o conteúdo de compostos fenólicos sofreu aumento ou redução em relação ao conteúdo de fenólicos da matéria-prima.

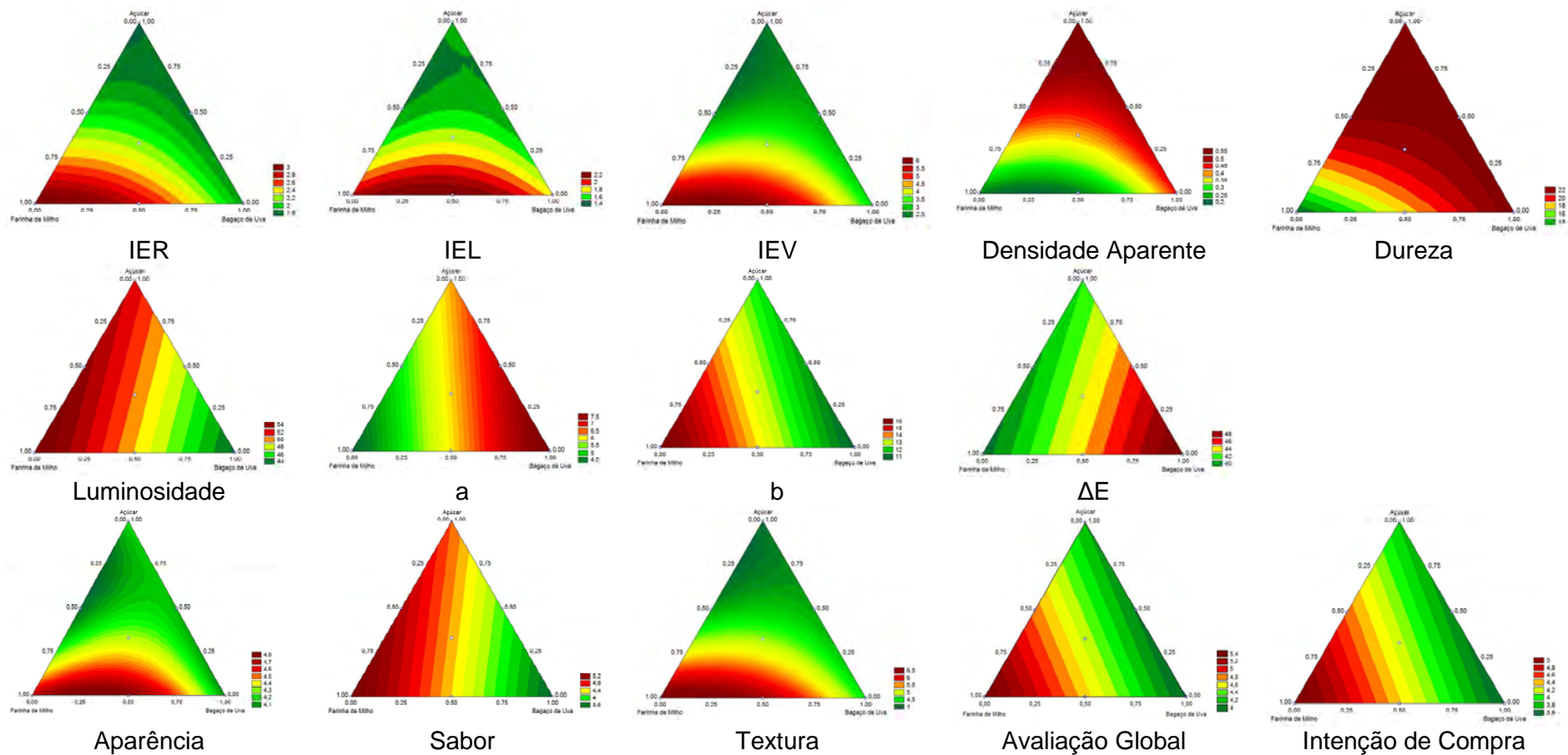


Figura 19 – Curvas de níveis das variáveis respostas das propriedades físicas e sensoriais.

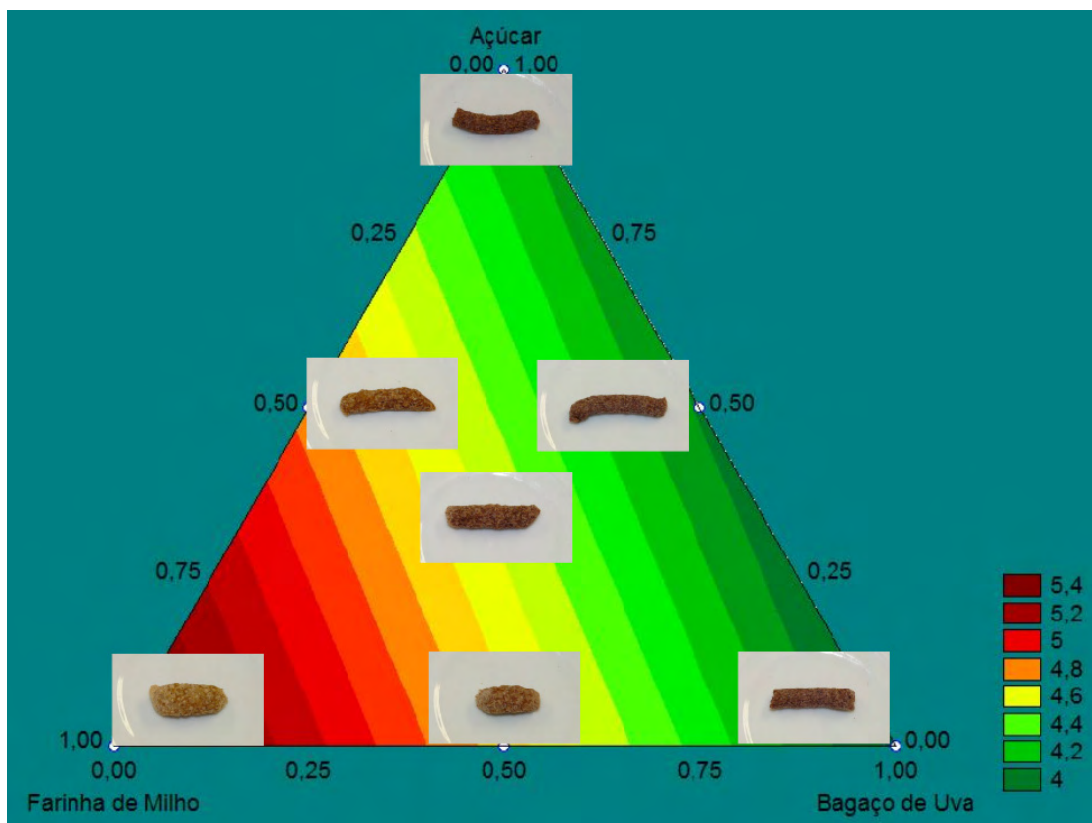


Figura 20 – Produtos extrusados em diferentes formulações sobre a curva de nível obtida na aceitação global.

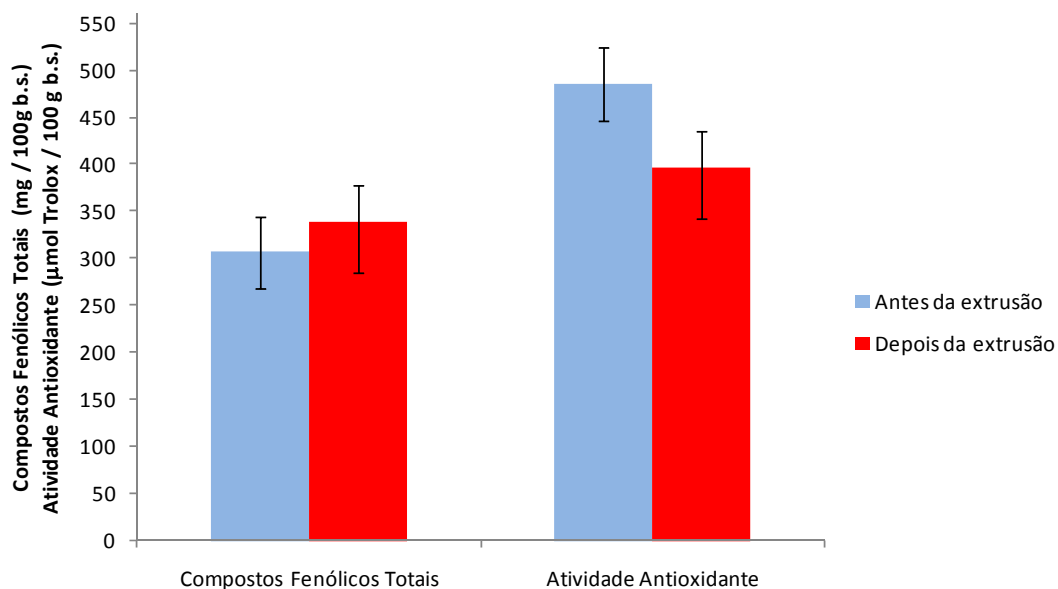


Figura 21 – Teor dos compostos fenólicos (mg de ácido gálico . 100 g<sup>-1</sup> de amostra em base seca) e da atividade antioxidante (µmol Trolox.100 g<sup>-1</sup> de amostra em base seca) para a mistura do ponto central do delineamento experimental antes e depois da extrusão.

Quanto à capacidade antioxidante houve redução significativa ( $p < 0,05$ ) de 18% após a extrusão (Figura 21). Este resultado está de acordo com o encontrado por Altan *et al.* (2009), que também observaram este efeito de redução da capacidade antioxidante em extrusados à base de cevada e bagaço de uva, em relação à matéria-prima.

#### **4 Conclusões**

O delineamento para misturas centróide simplex mostrou-se adequado para avaliar o efeito de cada ingrediente da formulação na elaboração dos extrusados. A farinha de milho foi o componente da mistura que teve maior influência nos índices de expansão (radial, longitudinal e volumétrico), nas coordenadas de cor luminosidade e no valor “b” e em todas as propriedades sensoriais (aparência, sabor, textura, aceitabilidade global e intenção de compra). O bagaço de uva foi o componente da mistura que teve maior efeito sobre a dureza, o valor de “a” e o  $\Delta E$ . O açúcar apresentou maior efeito que os outros componentes da mistura apenas na densidade aparente. Apesar de o açúcar ter sido o componente da mistura que teve o menor efeito aditivo nos índices de expansão (radial, longitudinal e volumétrico), foi o bagaço de uva, o componente da mistura que teve o menor efeito aditivo para todos os valores dos atributos sensoriais, com exceção da textura. Os maiores valores para os atributos sensoriais de sabor, textura, aceitação global e intenção de compra foram obtidos na formulação F1 (com maior proporção de farinha de milho), equivalendo em termos de componentes originais a 90, 6 e 4% para farinha de milho, bagaço de uva e açúcar em base seca, respectivamente.

A extrusão não afetou o teor de compostos fenólicos da formulação F7 (ponto central), mas reduziu em 18% a atividade antioxidante para os extrusados obtidos.

## 5 Referências bibliográficas

AINSWORTH, P.; IBANOGLU, S.; PLUNKETT, A.; IBANOGLU, E.; STOJCESKA, V. Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 702-709, 2007.

ALTAN, A.; McCARTHY, K. L.; MASKAN, M. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and b-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1263-1271, 2009.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Evaluation of snack from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 231-242, 2008a.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 24-32, 2008b.

ALVAREZ-MARTINEZ, L.; KONDURI, K. P.; HARPER, J.M. A General Mode for Expansion of Extrude Products. **Journal of the Food Science**, v. 53, p. 2, p. 609-615, 1988.

ANTON, A. A., FULCHER, R. G.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 113, p. 989-996, 2009.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.

BARRETT, A.; KALETUG, G.; ROSENBURG, S.; BRESLAUER, K. Effect of sucrose on the structure, mechanical strength and thermal properties of corn extrudates. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, p. 261-269, 1995

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2003. 401 p.

CARVALHO, C. W. P.; MITCHELL, J. R. Effect of sugar on the extrusion of maize grits and wheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, p. 35, p. 569-576, 2000.

CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ONWULATA, C. I.; PORDESIMO, L.O. Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 103-109, 2010.

EASTMAN, J.; ORTHOEFER, F.; SOLORIO, S. Using extrusion to create breakfast cereal products. **Cereal Foods World**, v. 46, n. 10, p. 468-471, 2001.

FAST, R. B.; CALDWELL, E. F. (Ed.). **Breakfast cereals and how they are made**. St. Paul Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. 2000.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2006. 602 p.

FERREIRA, V. L. P. **Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos**. Campinas-SP: ITAL, 1981 (Instruções técnicas, 19).

GUJRAL, H. S.; SINGH, N.; SINGH, B. Extrusion behaviour of grits from flint and sweet corn. **Food Chemistry**, v. 74, p. 303-308, 2001.

HSIEH, F.; GRENUS, K. M.; HU, L.; HUFF, H. E. Twin-screw extrusion of rice flour with salt and sugar. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 5, p. 493-498, 1993.

HUBER, G. Snacks foods from cooking extruders. In: LUSA, E. W.; ROONEY, L. W. **Snack food processing**, Boca Raton: CRC Press, 2001.

KORUS, J.; GUMUL, D.; CZECHOWSKA, K. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant activity of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. **Food Technol. Biotechnol.**, v. 45, n. 2, p. 139-146, 2007.

LUE, S.; HSIEH, F.; HUFF, H. E. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. **Cereal Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 227-234, 1991

MEZREB, K.; GOULLIEUX, A.; RALAINIRINA, R.; QUENEUDEC, M. Effect of sucrose on the textural properties of corn and wheat extrudates. **Carbohydrate Polymers**, v. 64, p. 1-8, 2006.

PAI, D. A.; BLAKE, O. A.; HAMAKER, B. R.; CAMPANELLA, O. H. Importance of extensional rheological properties on fiber-enriched corn extrudates. **Journal of Cereal Science**, v. 50, p. 227-234, 2009.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Otimização do processo de extrusão termoplástica da mistura castanha do Brasil com farinha de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 659-667, 2008.

STATSOFT INC., **Statistica for Windows**, Version 6.0, 2300 East 14th Street, Tulsa, OK, 74104, USA, 1998.

WANG, J.; JING, Z.; YUAN, X. Preparation of resistant starch from starch-guar gum extrudates and their properties. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 20-25, 2007.

YANNIOTIS, S.; PETRAKI, A.; SOUMPASI, E. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 594-599, 2007.

### 3 CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

- O melhor ajuste das curvas de secagem do bagaço de uva em camada delgada, para as cinco temperaturas estudadas (50, 60, 70, 80 e 90 °C), foi obtido com o modelo de Page modificado.

- A farinha de bagaço de uva é um produto com considerável teor de fibra bruta (21,89 g.100g<sup>-1</sup> de amostra b.s.), com alta capacidade antioxidante (188 μmol Trolox.g<sup>-1</sup> de amostra b.s.), sendo esta principalmente em virtude da fração semente.

- A farinha de milho foi o componente da mistura que teve maior efeito nos índices de expansão, luminosidade e valor “b” dos cereais matinais obtidos.

- O açúcar apresentou o maior efeito para a densidade aparente e menor efeito para os índices de expansão dos cereais matinais.

- A farinha de bagaço de uva foi o componente da mistura que apresentou maior efeito na dureza instrumental, no valor “a” e na diferença de cor ΔE.

- A farinha de milho foi o componente da mistura que teve maior efeito em todos os atributos sensoriais estudados, enquanto o bagaço de uva foi o componente da mistura que teve o menor efeito aditivo para todos os escores dos atributos sensoriais, com exceção da textura, que teve menor efeito causado pelo açúcar.

- Os maiores escores médios, obtidos para os atributos sensoriais de sabor, textura, aceitação global e intenção de compra, foram obtidos na formulação com maior proporção de farinha de milho, equivalendo em termos de componentes originais a 90, 6 e 4% para farinha de milho, bagaço de uva e açúcar em base seca, respectivamente.

- Apesar de as etapas de desidratação e extrusão serem processos térmicos, foi demonstrado neste trabalho que significativo conteúdo de compostos fenólicos com capacidade antioxidante ainda está presente no produto final elaborado.

- Na elaboração dos cereais matinais, sob diferentes formulações, foi possível adicionar até 11% b.s. de bagaço de uva, sem afetar o atributo sensorial textura; no entanto, o teor de açúcar adicionado não foi suficiente para melhorar o sabor, o que influenciou negativamente na aceitação global desta formulação.

- Diante do exposto, pode-se concluir que foi possível adicionar até 6% b.s. de farinha de bagaço de uva na formulação, para obtenção de cereais matinais à base de milho, com atributo sensorial de intenção de compra positiva.

- O Brasil produz cerca de 140.000 toneladas de bagaço de uva por ano, e este estudo demonstrou que a farinha de bagaço de uva pode ser utilizada na elaboração de outros alimentos industrializados, como ingrediente com alegações funcionais, desde que seja avaliada a retenção da capacidade antioxidante e a aceitação sensorial.

## 4 SUGESTÕES

Como complementação desta pesquisa, sugere-se que:

- Sejam estudadas variações nos parâmetros de extrusão na elaboração de cereais matinais de milho e farinha de bagaço de uva com melhor qualidade sensorial.

- Sejam realizados estudos que tratem da avaliação do efeito das diferentes temperaturas de secagem e das condições de operação de extrusão sobre a capacidade antioxidante do bagaço de uva.

- Sejam desenvolvidas novas alternativas de utilização da farinha de bagaço uva em alimentos, como a produção de extrusados com outra base de cereal, a elaboração de bebidas lácteas, ou a obtenção de farinha mista instantânea.

- Sejam testadas as alegações funcionais de alimentos elaborados com farinha de bagaço de uva.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

Tabela 1A – Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para as propriedades físicas (IER, IEL, IEV, DA e dureza)

<b>Modelo (IER)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	1,4688	2	0,7344	25,2946	0,0006*
R. da regressão	0,2032	7	0,0290		
F. de ajuste	0,1973	4	0,0493	24,8728	0,0123*
Erro puro	0,0059	3	0,0020		
<b>Quadrático</b>	1,6660	5	0,3332	222,5198	0,0001*
R. da regressão	0,0060	4	0,0015		
F. de ajuste	0,0000	1	0,0000	0,0206	0,8950 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,0059	3	0,0020		
<b>Modelo (IEL)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>P</b>
<b>Linear</b>	0,4069	2	0,2035	6,1341	0,0289*
R. da regressão	0,2322	7	0,0332		
F. de ajuste	0,2297	4	0,0574	69,3840	0,0027*
Erro puro	0,0025	3	0,0008		
<b>Quadrático</b>	0,6273	5	0,1255	42,5659	0,0015*
R. da regressão	0,0118	4	0,0029		
F. de ajuste	0,0093	1	0,0093	11,2454	0,0439*
Erro puro	0,0025	3	0,0008		
<b>Modelo (IEV)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>P</b>
<b>Linear</b>	12,4644	2	6,2322	10,3726	0,0081*
R. da regressão	4,2059	7	0,6008		
F. de ajuste	4,1708	4	1,0427	89,1887	0,0019*
Erro puro	0,0351	3	0,0117		
<b>Quadrático</b>	16,4756	5	3,2951	67,6814	0,0006*
R. da regressão	0,1947	4	0,0487		
F. de ajuste	0,1597	1	0,1597	13,6576	0,0344*
Erro puro	0,0351	3	0,0117		
<b>Modelo (DA)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,0938	2	0,0469	17,6814	0,0018*
R. da regressão	0,0186	7	0,0027		
F. de ajuste	0,0181	4	0,0045	26,2252	0,0114*
Erro puro	0,0005	3	0,0002		
<b>Quadrático</b>	0,1112	5	0,0222	76,2686	0,0005*
R. da regressão	0,0012	4	0,0003		
F. de ajuste	0,0007	1	0,0007	3,7783	0,1472 <sup>n.s.</sup>
Erro puro	0,0005	3	0,0002		

Continua...

Tabela 1A, Continuação...

<b>Modelo (Dureza)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	72,4448	2	36,2224	7,1198	0,0206*
R. da regressão	35,6129	7	5,0876		
F. de ajuste	34,4564	4	8,6141	22,3440	0,0143*
Erro puro	1,1566	3	0,3855		
<b>Quadrático</b>	104,0705	5	20,8141	20,8809	0,0057*
R. da regressão	3,9872	4	0,9968		
F. de ajuste	2,8306	1	2,8306	7,3423	0,0732 <sup>ns</sup>
Erro puro	1,1566	3	0,3855		

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); e <sup>ns</sup> não significativo.

SQ = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrados médios.

Tabela 2A – Teste t para avaliar a significância dos coeficientes de regressão dos modelos selecionados para as propriedades físicas (IER, IEL, IEV, DA e dureza)

Modelo Quadrático (IER)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (4)	p
X <sub>1</sub>	3,0563	0,0384	79,5417	0,0000*
X <sub>2</sub>	1,8517	0,0384	48,1908	0,0000*
X <sub>3</sub>	1,7295	0,0384	45,0099	0,0000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1,1497	0,1659	6,9288	0,0023*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-1,5540	0,1659	-9,3658	0,0007*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0,3781	0,1659	-2,2787	0,0849 <sup>ns</sup>
Modelo Quadrático (IEL)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (4)	p
X <sub>1</sub>	2,0353	0,0539	37,7555	0,0000*
X <sub>2</sub>	1,7386	0,0539	32,2515	0,0000*
X <sub>3</sub>	1,4608	0,0539	27,0984	0,0000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1,3768	0,2328	5,9144	0,0041*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-1,3871	0,2328	-5,9586	0,0040*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0,7280	0,2328	-3,1274	0,0353*
Modelo Quadrático (IEV)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (4)	p
X <sub>1</sub>	6,2340	0,2191	28,4536	0,0000*
X <sub>2</sub>	3,2462	0,2191	14,8166	0,0001*
X <sub>3</sub>	2,5540	0,2191	11,6569	0,0003*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	5,2797	0,9461	5,5804	0,0051*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-6,7058	0,9461	-7,0877	0,0021*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-2,4108	0,9461	-2,5481	0,0634 <sup>ns</sup>
Modelo Quadrático (DA)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (4)	p
X <sub>1</sub>	0,2171	0,0170	12,8012	0,0002*
X <sub>2</sub>	0,4219	0,0170	24,8827	0,0000*
X <sub>3</sub>	0,5381	0,0170	31,7333	0,0000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-0,4811	0,0732	-6,5708	0,0028*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,2883	0,0732	3,9378	0,0170*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	0,1827	0,0732	2,4956	0,0671 <sup>ns</sup>
Modelo Quadrático (Dureza)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (4)	p
X <sub>1</sub>	13,1067	0,9914	13,2208	0,0002*
X <sub>2</sub>	23,8987	0,9914	24,1068	0,0000*
X <sub>3</sub>	21,7367	0,9914	21,9260	0,0000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-11,8536	4,2810	-2,7689	0,0504 <sup>n.s.</sup>
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	21,9024	4,2810	5,1162	0,0069*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	0,5584	4,2810	0,1304	0,9025 <sup>ns</sup>

X<sub>1</sub> = farinha de milho; X<sub>2</sub> = bagaço de uva; e X<sub>3</sub> = açúcar.

\* Significativo (p < 0,05); e <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 3A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o IER

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	3,06	3,06	0,00	0,00
F2	1,85	1,82	0,03	1,62
F3	1,73	1,69	0,04	2,31
F4	2,74	2,72	0,02	0,73
F5	2,01	1,98	0,03	1,62
F6	1,70	1,76	-0,05	-3,24
F7	2,06	2,14	-0,08	-3,78
F7	2,16	2,14	0,02	1,03
F7	2,15	2,14	0,01	0,57
F7	2,12	2,14	-0,02	-0,84

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 4A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o IEL

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	2,02	2,04	-0,02	-0,99
F2	1,73	1,74	-0,01	-0,58
F3	1,45	1,46	-0,01	-0,69
F4	2,28	1,55	0,74	32,24
F5	1,45	1,40	0,05	3,28
F6	1,46	1,42	0,04	2,91
F7	1,61	1,36	0,25	15,67
F7	1,62	1,36	0,26	16,19
F7	1,64	1,36	0,28	17,21
F7	1,68	1,36	0,32	19,18

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 5A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o IEV

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	6,19	6,27	-0,08	-1,29
F2	3,20	3,02	0,18	5,63
F3	2,51	2,33	0,18	7,17
F4	6,25	5,91	0,34	5,40
F5	2,91	2,57	0,34	11,68
F6	2,49	2,68	-0,19	-7,43
F7	3,32	3,67	-0,35	-10,48
F7	3,49	3,67	-0,18	-5,09
F7	3,54	3,67	-0,13	-3,61
F7	3,56	3,67	-0,11	-3,03

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 6A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a densidade aparente

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	0,21	0,21	0,00	1,89
F2	0,42	0,44	-0,02	-5,04
F3	0,54	0,56	-0,02	-4,66
F4	0,21	0,21	0,00	1,79
F5	0,46	0,46	0,00	0,37
F6	0,54	0,50	0,04	7,02
F7	0,40	0,38	0,02	4,81
F7	0,38	0,38	0,00	-1,02
F7	0,38	0,38	-0,01	-1,75
F7	0,38	0,38	-0,01	-2,39

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 7A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a dureza

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	13,31	12,00	1,31	9,82
F2	24,10	22,74	1,36	5,64
F3	21,94	21,87	0,07	0,30
F4	14,74	17,37	-2,63	-17,83
F5	22,10	22,14	-0,04	-0,18
F6	22,16	22,31	-0,15	-0,65
F7	20,32	21,18	-0,87	-4,27
F7	21,75	21,18	0,57	2,60
F7	21,33	21,18	0,15	0,70
F7	21,44	21,18	0,25	1,18

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 8A – Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para os parâmetros de cor

<b>Modelo (L)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	104,7604	2	52,3802	5,3080	0,0396*
R. da regressão	69,0776	7	9,8682		
F. de ajuste	47,0357	4	11,7589	1,6004	0,3643 <sup>ns</sup>
Erro puro	22,0419	3	7,3473		
<b>Quadrático</b>	150,8305	5	30,1661	5,2446	0,0667 <sup>ns</sup>
Erro total	23,0075	4	5,7519		
F. de ajuste	0,9656	1	0,9656	0,1314	0,7410 <sup>ns</sup>
Erro puro	22,0419	3	7,3473		
<b>Modelo (a)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	9,4424	2	4,7212	18,7743	0,0015*
R. da regressão	1,7603	7	0,2515		
F. de ajuste	1,3486	4	0,3371	2,4565	0,2431 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,4117	3	0,1372		
<b>Quadrático</b>	10,7290	5	2,1458	18,1201	0,0075*
R. da regressão	0,4737	4	0,1184		
F. de ajuste	0,0620	1	0,0620	0,4514	0,5498 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,4117	3	0,1372		
<b>Modelo (b)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	18,9397	2	9,4698	54,8269	0,0001*
R. da regressão	1,2091	7	0,1727		
F. de ajuste	1,0814	4	0,2704	6,3546	0,0803 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,1276	3	0,0425		
<b>Quadrático</b>	19,9602	5	3,9920	84,6914	0,0004*
R. da regressão	0,1885	4	0,0471		
F. de ajuste	0,0609	1	0,0609	1,4317	0,3174 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,1276	3	0,0425		
<b>Modelo (ΔE)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	82,6778	2	41,3389	4,7526	0,0497*
R. da regressão	60,8867	7	8,6981		
F. de ajuste	39,2433	4	9,8108	1,3599	0,4168 <sup>ns</sup>
Erro puro	21,6434	3	7,2145		
<b>Quadrático</b>	121,3169	5	24,2634	4,3624	0,0893 <sup>ns</sup>
Erro total	22,2476	4	5,5619		
F. de ajuste	0,6042	1	0,6042	0,0837	0,7911 <sup>ns</sup>
Erro puro	21,6434	3	7,2145		

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); e <sup>ns</sup> não significativo.

SQ = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrados médios.

Tabela 9A – Teste t para avaliar a significância dos coeficientes de regressão dos modelos selecionados para os parâmetros de cor

Modelo Linear (L)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (7)	p
X <sub>1</sub>	55,2170	2,5000	22,0870	0,0000*
X <sub>2</sub>	42,6598	2,5000	17,0641	0,0000*
X <sub>3</sub>	51,6681	2,5000	20,6674	0,0000*
Modelo Linear (a)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (7)	p
X <sub>1</sub>	4,0923	0,3991	10,2543	0,0000*
X <sub>2</sub>	7,9720	0,3991	19,9759	0,0000*
X <sub>3</sub>	6,2367	0,3991	15,6276	0,0000*
Modelo Linear (b)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (7)	p
X <sub>1</sub>	16,1387	0,3307	48,7954	0,0000*
X <sub>2</sub>	10,8505	0,3307	32,8064	0,0000*
X <sub>3</sub>	12,1704	0,3307	36,7971	0,0000*
Modelo Linear (ΔE)	Coefficiente de Regressão	Erro-Padrão	t (7)	p
X <sub>1</sub>	38,4200	2,3471	16,3693	0,0000*
X <sub>2</sub>	49,4080	2,3471	21,0508	0,0000*
X <sub>3</sub>	40,9710	2,3471	17,4561	0,0000*

X<sub>1</sub> = farinha de milho; X<sub>2</sub> = bagaço de uva; e X<sub>3</sub> = açúcar.

\* Significativo ( p < 0,05).

Tabela 10A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a luminosidade

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	54,47	55,22	-0,75	-1,38
F2	45,80	42,66	3,14	6,85
F3	51,70	51,67	0,03	0,06
F4	47,67	48,94	-1,27	-2,66
F5	58,38	53,45	4,94	8,45
F6	44,34	47,17	-2,83	-6,38
F7	50,24	49,85	0,39	0,77
F7	45,05	49,85	-4,80	-10,66
F7	51,07	49,85	1,22	2,39
F7	49,77	49,85	-0,08	-0,16

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 11A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o valor de “a”

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	4,40	4,09	0,31	6,98
F2	7,57	7,97	-0,40	-5,33
F3	6,23	6,24	-0,01	-0,18
F4	5,98	6,03	-0,05	-0,77
F5	4,32	5,17	-0,84	-19,53
F6	7,68	7,11	0,58	7,50
F7	6,16	6,10	0,06	0,90
F7	6,72	6,10	0,62	9,20
F7	5,83	6,10	-0,27	-4,58
F7	6,12	6,10	0,02	0,29

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 12A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o valor de “b”

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	16,03	16,14	-0,11	-0,67
F2	11,27	10,85	0,42	3,71
F3	12,03	6,24	5,79	48,11
F4	13,19	13,50	-0,30	-2,29
F5	14,98	11,19	3,79	25,30
F6	11,29	8,55	2,74	24,30
F7	12,91	11,08	1,84	14,22
F7	13,24	11,08	2,16	16,31
F7	12,80	11,08	1,73	13,49
F7	12,79	11,08	1,72	13,42

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 13A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o valor de  $\Delta E$

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	39,21	38,42	0,79	2,02
F2	46,58	49,41	-2,84	-6,09
F3	40,87	40,97	-0,10	-0,24
F4	44,93	43,92	1,02	2,26
F5	35,25	39,70	-4,45	-12,61
F6	48,00	45,19	2,81	5,84
F7	42,47	42,93	-0,47	-1,10
F7	47,57	42,93	4,64	9,75
F7	41,59	42,93	-1,34	-3,23
F7	42,87	42,93	-0,07	-0,15

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 14A – Análise de variância para o ajuste dos modelos linear e quadrático para as propriedades sensoriais dos extrusados

<b>Modelo (Aparência)</b>	<b>SQ</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,2496	2	0,1248	2,9769	0,1160 <sup>ns</sup>
R. da regressão	0,2935	7	0,0419		
F. de ajuste	0,2540	4	0,0635	4,8223	0,1135 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,0395	3	0,0132		
<b>Quadrático</b>	0,4974	5	0,0995	8,7057	0,0284*
R. da regressão	0,0457	4	0,0114		
F. de ajuste	0,0062	1	0,0062	0,4714	0,5417 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,0395	3	0,0132		
<b>Modelo (Sabor)</b>	<b>SQ</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	2,2323	2	1,1161	48,1896	0,0001*
R. da regressão	0,1621	7	0,0232		
F. de ajuste	0,0487	4	0,0122	0,3223	0,8487 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,1134	3	0,0378		
<b>Quadrático</b>	2,2507	5	0,4501	12,5274	0,0148*
R. da regressão	0,1437	4	0,0359		
F. de ajuste	0,0303	1	0,0303	0,8023	0,4364 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,1134	3	0,0378		
<b>Modelo (Textura)</b>	<b>SQ</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	6,2860	2	3,1430	12,6200	0,0048*
R. da regressão	1,7433	7	0,2490		
F. de ajuste	1,6327	4	0,4082	11,0719	0,0384*
Erro puro	0,1106	3	0,0369		
<b>Quadrático</b>	7,8823	5	1,5765	42,9027	0,0014*
R. da regressão	0,1470	4	0,0367		
F. de ajuste	0,0364	1	0,0364	0,9868	0,3937 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,1106	3	0,0369		
<b>Modelo (Av. global)</b>	<b>SQ</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	1,7380	2	0,8690	33,9405	0,0002*
R. da regressão	0,1792	7	0,0256		
F. de ajuste	0,1060	4	0,0265	1,0845	0,4932 <sup>n.s.</sup>
Erro puro	0,0733	3	0,0244		
<b>Quadrático</b>	1,8361	5	0,3672	18,1083	0,0075*
R. da regressão	0,0811	4	0,0203		
F. de ajuste	0,0078	1	0,0078	0,3211	0,6106 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,0733	3	0,0244		

Continua...

Tabela 14A, Continuação...

<b>Modelo (l. de compra)</b>	<b>SQ</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	1,9765	2	0,9883	42,3160	0,0001*
R. da regressão	0,1635	7	0,0234		
F. de ajuste	0,1130	4	0,0283	1,6791	0,3494 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,0505	3	0,0168		
<b>Quadrático</b>	2,0298	5	0,4060	14,7384	0,0110*
R. da regressão	0,1102	4	0,0275		
F. de ajuste	0,0597	1	0,0597	3,5485	0,1561 <sup>ns</sup>
Erro puro	0,0505	3	0,0168		

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); e <sup>ns</sup> não significativo.

SQ = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; e QM = quadrados médios.

Tabela 15A – Teste t para avaliar a significância dos coeficientes de regressão dos modelos selecionados para as propriedades sensoriais

<b>Modelo Quadrático (Aparência)</b>	<b>Coefficiente de Regressão</b>	<b>Erro-Padrão</b>	<b>t (4)</b>	<b>p</b>
X' <sub>1</sub>	4,6593	0,1061	43,8968	0,0000*
X' <sub>2</sub>	4,0693	0,1061	38,3383	0,0000*
X' <sub>3</sub>	4,1793	0,1061	39,3746	0,0000*
X' <sub>1</sub> X' <sub>2</sub>	1,5533	0,4584	3,3889	0,0276*
X' <sub>1</sub> X' <sub>3</sub>	-1,5867	0,4584	-3,4616	0,0258*
X' <sub>2</sub> X' <sub>3</sub>	0,1533	0,4584	0,3345	0,7548 <sup>ns</sup>
<b>Modelo Linear (Sabor)</b>	<b>Coefficiente de Regressão</b>	<b>Erro-Padrão</b>	<b>t (7)</b>	<b>p</b>
X' <sub>1</sub>	5,3350	0,1211	44,0490	0,0000*
X' <sub>2</sub>	3,4590	0,1211	28,5596	0,0000*
X' <sub>3</sub>	4,5950	0,1211	37,9391	0,0000*
<b>Modelo Quadrático (Textura)</b>	<b>Coefficiente de Regressão</b>	<b>Erro-Padrão</b>	<b>t (4)</b>	<b>p</b>
X' <sub>1</sub>	6,7826	0,1903	35,6341	0,0000*
X' <sub>2</sub>	4,3026	0,1903	22,6048	0,0000*
X' <sub>3</sub>	3,7326	0,1903	19,6101	0,0000*
X' <sub>1</sub> X' <sub>2</sub>	2,6681	0,8219	3,2460	0,0315*
X' <sub>1</sub> X' <sub>3</sub>	-4,7119	0,8219	-5,7327	0,0046*
X' <sub>2</sub> X' <sub>3</sub>	1,6081	0,8219	1,9564	0,1221 <sup>ns</sup>
<b>Modelo Linear (Aceitação Global)</b>	<b>Coefficiente de Regressão</b>	<b>Erro-Padrão</b>	<b>t (7)</b>	<b>P</b>
X' <sub>1</sub>	5,4187	0,1273	42,5524	0,0000*
X' <sub>2</sub>	3,8787	0,1273	30,4589	0,0000*
X' <sub>3</sub>	4,0947	0,1273	32,1551	0,0000*
<b>Modelo Linear (I. Compra)</b>	<b>Coefficiente de Regressão</b>	<b>Erro-Padrão</b>	<b>t (7)</b>	<b>p</b>
X' <sub>1</sub>	5,1520	0,1216	42,3620	0,0000*
X' <sub>2</sub>	3,4840	0,1216	28,6470	0,0000*
X' <sub>3</sub>	3,7840	0,1216	31,1137	0,0000*

\* Significativo (p < 0,05); e <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 16A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a aparência

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	4,65	4,66	-0,01	-0,22
F2	4,06	4,08	-0,02	-0,49
F3	4,17	4,19	-0,02	-0,48
F4	4,79	4,76	0,03	0,57
F5	4,06	4,03	0,03	0,68
F6	4,20	4,14	0,07	1,55
F7	4,20	4,31	-0,11	-2,62
F7	4,46	4,31	0,15	3,36
F7	4,24	4,31	-0,07	-1,65
F7	4,28	4,31	-0,03	-0,70

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 17A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para o sabor

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	5,25	5,34	-0,09	-1,71
F2	3,42	3,46	-0,04	-1,17
F3	4,59	4,60	-0,01	-0,22
F4	4,56	4,40	0,16	3,51
F5	5,06	4,97	0,09	1,78
F6	4,03	4,03	0,00	0,00
F7	4,54	4,47	0,07	1,62
F7	4,58	4,47	0,11	2,47
F7	4,45	4,47	-0,02	-0,37
F7	4,15	4,47	-0,32	-7,63

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 18A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a textura

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	6,76	6,76	0,00	0,00
F2	4,28	4,45	-0,17	-3,97
F3	3,71	3,88	-0,17	-4,58
F4	6,30	6,31	-0,01	-0,12
F5	4,17	4,18	-0,01	-0,18
F6	4,51	4,17	0,35	7,65
F7	4,86	4,83	0,03	0,53
F7	5,09	4,83	0,26	5,02
F7	4,63	4,83	-0,20	-4,42
F7	4,78	4,83	-0,05	-1,14

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 19A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a aceitação global

Formulação	Experimental	Predito	Desvio	Desvio Relativo (%)
F1	5,39	5,42	-0,03	-0,56
F2	3,71	3,88	-0,17	-4,58
F3	4,10	4,09	0,01	0,24
F4	4,84	4,65	0,19	3,93
F5	4,60	4,76	-0,16	-3,37
F6	4,11	3,99	0,13	3,04
F7	4,61	4,46	0,15	3,18
F7	4,54	4,46	0,08	1,69
F7	4,49	4,46	0,03	0,59
F7	4,25	4,46	-0,21	-5,02

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.

Tabela 20A – Valores experimentais, preditos pelo modelo e desvios para a intenção de compra

<b>Formulação</b>	<b>Experimental</b>	<b>Predito</b>	<b>Desvio</b>	<b>Desvio Relativo (%)</b>
F1	5,05	5,15	-0,10	-1,98
F2	3,33	3,48	-0,15	-4,50
F3	3,74	3,78	-0,04	-1,07
F4	4,56	4,32	0,24	5,37
F5	4,49	4,47	0,03	0,56
F6	3,76	3,63	0,13	3,46
F7	4,26	4,14	0,12	2,90
F7	4,16	4,14	0,02	0,56
F7	4,10	4,14	-0,04	-0,89
F7	3,95	4,14	-0,19	-4,73

Desvio = (valor experimental - valor predito); e Desvio relativo (%) = [(valor experimental - valor predito)/valor experimental] x 100.