

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

**Desenvolvimento e Avaliação Sensorial de Sopa Instantânea Elaborada a
Partir de Farinhas Extrudadas de Arroz Vermelho Integral**

MARCELA DE ALCANTARA

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE SOPA
INSTANTÂNEA ELABORADA A PARTIR DE FARINHAS
EXTRUDADAS DE ARROZ VERMELHO INTEGRAL**

MARCELA DE ALCANTARA

Sob a Orientação de
Daniela De Grandi Castro Freitas, D.Sc

E Co-orientação de
Cristina Yoshie Takeiti, D. Sc

Dissertação submetida
como requisito para
obtenção do grau de
Mestre em Ciência no
Curso de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia
de Alimentos, Área de
concentração em Ciência
de Alimentos.

Seropédica, RJ
Maio de 2013

25

664.7

A347d
T

Alcantara, Marcela de, 1985-
Desenvolvimento e avaliação
sensorial de sopa instantânea
elaborada a partir de farinhas
extrudadas de arroz vermelho
integral / Marcela de Alcantara. -
2013.

149 f.: il.

Orientador: Daniela De
Grandi Castro Freitas.

Dissertação (mestrado) -
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro, Curso de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos,
2013.

Bibliografia: f. 102-126.

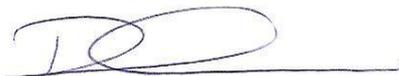
1. Arroz vermelho -
Processamento - Teses. 2. Arroz
vermelho - Composição - Teses. 3.
Sopas - Avaliação sensorial - Teses.
4. Amora - Processamento - Teses. 5.
Farinha de arroz - Teses. 6.
Processo de extrusão - Teses. 7.
Arroz integral - Teses. 8. Ciência
de alimentos - Teses. I. Freitas,
Daniela De Grandi Castro, 1974-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos.
III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

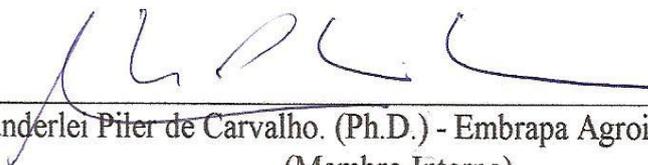
MARCELA DE ALCANTARA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

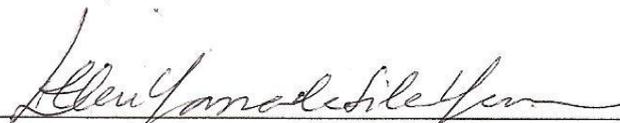
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/05/2013



Daniela De Grandi Castro Freitas. (Ph.D.) - Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientador)



Carlos Wanderlei Piler de Carvalho. (Ph.D.) - Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro Interno)



Ellen Mayra da Silva Menezes. (D.Sc.) UNIRIO
(Membro Externo)

DEDICATÓRIA

**Dedico aos meus pequenos: Manuela,
Mateus e Yan Gabriel.**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sônia e Mário, pelo apoio e pela base que me permitiu ser o que sou.

À minha irmã Laís pela paciência nos momentos de angústia e preocupação.

Ao grande amigo Salatiel pelo incentivo, pela amizade, pelo carinho e pela preocupação.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pelo acolhimento na graduação e no curso de mestrado.

Aos Professores desta Universidade minha eterna gratidão por contribuírem para minha formação profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela oportunidade e pela autorização para o uso das suas instalações que permitiram a realização deste estudo.

Às minhas orientadoras, Daniela e Cristina, pela orientação, pela confiança, pelo aprendizado, pela demonstração de amizade, pelos ensinamentos, pelos conselhos, pela paciência e pela convivência no decorrer desses dois anos.

À pesquisadora Melícia Galdeano da Embrapa Agroindústria de Alimentos pela ajuda na busca dos ingredientes, pelos ensinamentos, pela atenção e pelo carinho.

Ao Ph.D. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho pela solicitude sempre que necessário.

Ao pesquisador José Pereira Almeida da Embrapa Meio Norte pelo envio do arroz vermelho.

À pesquisadora Priscila Zaczuk Bassinello da Embrapa Arroz e Feijão pela colaboração nas análises das propriedades viscoamilográficas e do teor de amilose aparente.

Às empresas Alibra Ingredientes, Corn Products Brasil, Duas Rodas e Master Sense pela doação de ingredientes.

À minha querida equipe do Laboratório de Análise Sensorial: Cláudia, José Carlos e Rosires. Muito mais do que profissionais, vocês se tornaram grandes amigos.

À minha querida equipe sensorial - Anderson, André Dutra, Leandro, Marco Antunes, Marcos Moulin, Priscila, Sidney e Tatiana – pela dedicação e pela paciência. Muito obrigada, vocês foram fundamentais no desenvolvimento deste estudo.

Aos funcionários da planta IV e asa 3 – Adriana, Mariana e Sr. Francisco- e a todos os estagiários que passaram por ali, em especial, Alan, Camila, Emerson, Jan, Janaína, Joana, Jorge e Juan pela ajuda durante o processamento e análises realizadas e, principalmente, pelo carinho e pela amizade.

Ao melhor presente que o mestrado pôde me dar, as minhas grandes amigas: Ellen, Gabriela, Luana, Thaísa e, em especial, Isabela e Nathália. Isa, você me estendeu a mão no momento que mais precisei e isto foi fundamental para eu chegar até aqui. Nathalinha, muito obrigada pelo companheirismo e por estar ao meu lado nos momentos de alegrias e aflições. Toda esta convivência permitiu que eu conhecesse está pessoa que vive escondida dentro de você. Amigas, espero que vocês estejam sempre presentes em minha vida.

À minha grande amiga-irmã Josi pela amizade, pelo carinho, pelas longas conversas, pelo conforto nos momentos de aflição e pela confiança. Obrigada por deixar eu fazer parte da sua vida.

Enfim, a todos os amigos e familiares que acreditaram em mim e contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

“Pedras no caminho?
Guardo todas,
um dia vou construir um castelo...”

(Fernando Pessoa)

RESUMO

ALCANTARA, Marcela de. **Desenvolvimento e Avaliação Sensorial de Sopa Instantânea Elaborada a Partir de Farinhas Extrudadas de Arroz Vermelho Integral**. 2013. 134p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2013.

Atualmente o consumidor tem uma grande preocupação com a qualidade nutricional de sua alimentação associado com a facilidade no preparo de seus alimentos, o que torna crescente a busca por novas matérias primas, ingredientes e uma crescente produção de alimentos prontos e semiprontos por parte da indústria alimentícia. Este estudo teve como objetivo produzir farinhas extrudadas de arroz vermelho integral e avaliá-las como ingrediente de uma formulação de sopa instantânea adicionada do subproduto da indústria amoreira, através da descrição de seus atributos de qualidade sensorial, avaliação da aceitação com consumidores e análises físicas e químicas, para o desenvolvimento de um produto de boa aceitabilidade e maior valor nutricional. O arroz-vermelho integral foi processado por extrusão termoplástica utilizando diferentes níveis de umidade e temperatura, seguindo um delineamento experimental composto central rotacional de 2ª ordem para obtenção de farinhas com diferentes características que serviram como ingrediente na elaboração de sopa em pó. O resíduo do despulpamento da amora foi seco e utilizado na formulação das sopas devido ao seu alto teor de antocianinas. As farinhas extrudadas foram caracterizadas quanto ao índice de solubilidade em água, índice de absorção de água e viscosidade da pasta. Os produtos formulados foram analisados quanto à aceitabilidade por consumidores através do teste de aceitação utilizando-se a escala hedônica estruturada de 9 pontos. A descrição dos atributos de qualidade das sopas foi obtida também através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e da técnica CATA (*Check All That Apply*). As características físico-químicas e os parâmetros de cor das sopas demonstraram uma grande contribuição do arroz vermelho integral, principalmente, no aumento do conteúdo de minerais e aminoácidos. O uso do resíduo do despulpamento da amora foi responsável pelo teor de antocianinas encontrado nos produtos elaborados. Através da ADQ, verificou-se que a maior solubilidade no momento do preparo, menor viscosidade aparente (visual) e menor consistência percebida na boca das sopas de arroz vermelho foram efeito do processo de extrusão mais brando (menor temperatura e maior umidade), caracterizada na determinação das propriedades viscoamilográficas pelo menor índice de viscosidade máxima a 95°C. O perfil sensorial da sopa de arroz branco diferiu das sopas de arroz vermelho apresentando maior solubilidade, coloração mais clara, menor intensidade de aroma de arroz cozido e maior intensidade de sabor cebola. No entanto, a aceitação do produto formulado a partir da farinha extrudada de arroz branco polido e arroz vermelho integral processada a 100°C e 22% de umidade foi similar. O consumidor foi capaz de descrever as sopas elaboradas de maneira similar ao perfil sensorial desenvolvido pela equipe treinada, observado através dos resultados do CATA.

Palavras chaves: Análise sensorial, extrusão termoplástica, produto de conveniência

ABSTRACT

ALCANTARA, Marcela de. **Development and Sensory Evaluation of Instant Soup Formulated from Extruded Red Rice Flours**. 2013. 134p. Dissertation (Master in Food Science). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2013.

Nowadays consumers have a great preoccupation with the nutritional quality and the facility in preparation of their food. Thus, there is an increase in the search for new raw materials and ingredients as well as a growing production of ready and semi-ready food by the food industry. This study aimed to produce red whole rice flour extruded and to evaluate them as an ingredient in a formulation of instant soup added by industry residue mulberry, by the description of its sensory quality attributes, assessment of acceptance with consumers and physicochemical analysis for development of a product with good acceptability and high nutritional value. The red rice was processed by thermoplastic extrusion using different levels of moisture and temperature using a central composite rotational design (CCRD) to obtain flours with different characteristics who served as an ingredient in the powder soup preparation. The residue from blackberry pulping was dried and used in the soups formulation due to its high content of anthocyanins. The extruded flours were characterized by water solubility index, water absorption index and viscoamylographic properties. The formulated products were analyzed for acceptability by consumers through the acceptance test using a 9-point hedonic scale. The quality attributes of the soups was also obtained by Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and Check-All-That-Apply question (CATA). The physicochemical characteristics and the soups color parameter were significantly changed by the presence of red whole rice, indicating a large contribution its, mainly in the increased minerals content and amino acids. The use of residue from blackberry pulping was responsible for the anthocyanins content found in the elaborated products. Through the QDA, it was found that the higher solubility at the time of preparation, the lower apparent viscosity (visual) and the lowest consistency perceived in the mouth of red rice soups were effect of the extrusion process softer (lower temperature and higher moisture) confirmed by maximum viscosity lower values at 95°C determined by the viscoamylographic properties. The sensory profile of the white rice soup differed from the red rice soups presenting higher solubility, lighter color, less flavor intensity of cooked rice and more intense onion flavor. However, the product acceptance elaborated from white polished rice flour extruded and red whole rice flour extruded processed at 100°C and 22% moisture was similar. The consumer was able to describe the elaborated soups similarly to the sensory profile developed by trained painel, observed through the CATA results.

Key-words: sensory analysis, thermoplastic extrusion, convenience product

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição Química (% na matéria seca) de grãos integrais de arroz com pericarpo marrom-claro e vermelho	10
Tabela 2	Teor de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg 100 g ⁻¹ , em base seca) de grãos integrais de arroz com pericarpo marrom-claro e vermelho	12
Tabela 3	Níveis das variáveis independentes estudadas no processo de extrusão	28
Tabela 4	Delineamento completo do desenho experimental	28
Tabela 5	Formulação das sopas em pó	36
Tabela 6	Lista dos termos utilizados no questionário CATA para avaliação das sopas em pó	42
Tabela 7	Índice de expansão radial (IER) dos extrudados expandidos	44
Tabela 8	Densidade aparente (DA) dos extrudados expandidos	46
Tabela 9	Resultados da análise de cor das farinhas extrudadas	47
Tabela 10	Coefficientes de regressão para Chroma das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	48
Tabela 11	ANOVA para Chroma	48
Tabela 12	Coefficientes de regressão para ângulo hue das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	50
Tabela 13	ANOVA para ângulo hue	50
Tabela 14	Resultados da caracterização de ISA e IAA das farinhas extrudadas	52
Tabela 15	Resultados da caracterização de viscosidade de pasta das farinhas extrudadas	55
Tabela 16	Coefficientes de regressão para viscosidade máxima da pasta a 95°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	57
Tabela 17	ANOVA para viscosidade máxima a 95°C	57
Tabela 18	Coefficientes de regressão para Tendência à retrogradação das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	60
Tabela 19	ANOVA para tendência à retrogradação	60
Tabela 20	Cristalinidade das farinhas extrudadas	62
Tabela 21	Resultados da densidade absoluta das farinhas extrudadas	63
Tabela 22	Valores do índice de consistência (K), do índice de comportamento de fluido (n), do fator de correlação (R ²)	64
Tabela 23	Percentual de elasticidade	65
Tabela 24	Composição centesimal da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas	70
Tabela 25	Teor de potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), manganês (Mn), ferro (Fe), e zinco (Zn) (mg 100 g ⁻¹ , em base seca) das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral utilizadas na formulação das sopas instantâneas	73
Tabela 26	Teor de Antocianinas no resíduo de despolpamento da amora (mg/100g)	75
Tabela 27	Teor de antocianina das sopas em pó (mg/100g)	75
Quadro 5	Continuação	79
Tabela 28	Valores de p de F _{amostras} ≤ 0,30 da análise de variância para cada provador, por atributo	80
Tabela 29	Valores de p de F _{repetições} ≥ 0,05 da análise de variância para cada provador, por atributo	81
Tabela 30	Média dos atributos sensoriais para as amostras de sopa em pó	85
Tabela 31	Matriz de correlação de Pearson para os atributos sensoriais sopas em pó obtidos na ADQ	89
Tabela 32	Média da aceitação do consumidor para as sopas em pó	90

Tabela 33	Médias da aceitação atribuídas às amostras de sopa em pelos diferentes segmentos de consumidores	91
Tabela 34	Características sócio-demográficas dos consumidores.....	92
Tabela 35	Média de aceitação e número médio de termos do questionário CATA utilizado para descrever as amostras de sopa em pó	93
Tabela 36	Número médio de menções utilizado para cada categoria de atributos no questionário CATA	93
Tabela 37	Frequência de menção de cada termo do questionário CATA para cada uma das sopas em pó analisadas.....	94
Tabela 38	Composição de aminoácidos das farinhas de arroz vermelho integral, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas (g.100g ⁻¹ , em base seca).....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Desenho esquemático de uma extrusora mono rosca	3
Figura 2	Zonas de alimentação, compressão e cocção.....	4
Fonte:	Nielsen, 2010.....	15
Figura 3	Distribuição do volume de vendas das versões comerciais de sopas semiprontas	15
Fonte:	Ajinomoto, 2010.....	15
Figura 4	Distribuição das vendas de sopas instantâneas nas regiões brasileiras	15
Figura 5	Diagrama demonstrativo dos fatores que influenciam o processo de escolha de um alimento	17
Figura 6	Extrusor monorosca, marca Brabender, modelo DSE 20 DN (Duisburg, Alemanha)	29
Figura 7	Fluxograma de obtenção da farinha extrudada de arroz vermelho integral	30
Figura 8	Parâmetros avaliados na curva viscoamilográfica das farinhas extrudadas de arroz vermelho	33
Figura 9	Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor de Chroma das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	49
Figura 10	Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor do ângulo hue das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	51
Figura 11	Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor da viscosidade máxima das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.....	58
Figura 12	Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor da tendência à retrogradação das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.....	61
Figura 13	Viscosidade dinâmica em função da taxa de cisalhamento das farinhas extrudadas dos tratamentos T1 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18% umidade/75 °C), T2 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 26 % umidade/75 °C), T3 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18 % umidade/125 °C), T6 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/135 °C), T9 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/100 °C) e ABP T9 (Farinha extrudada de arroz branco polido - 22 % umidade/100 °C).....	64
Figura 14	Comportamento de fluência e recuperação das farinhas extrudadas dos tratamentos T1 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18% umidade/75 °C), T2 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 26 % umidade/75 °C), T3 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18 % umidade/125 °C), T6 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/135 °C), T9 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/100 °C) e ABP T9 (Farinha extrudada de arroz branco polido - 22 % umidade/100 °C).....	66
Figura 15	Perfis das curvas de viscosidade de pasta dos tratamentos 1 (18% umidade/75 °C), 2 (26 % umidade/75 °C), 3 (18 % umidade/125 °C), 6 (22 % umidade/135 °C), 9 (22 % umidade/100 °C) e farinha de arroz vermelho integral (AVI).	67
Figura 16	Classificação granulométrica da farinha de arroz vermelho integral (matéria-prima)	68
Figura 17	Classificação granulométrica das farinhas extrudadas dos tratamentos T1 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18% umidade/75 °C), T2 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 26 % umidade/75 °C), T3 (Farinha extrudada de arroz vermelho	

integral - 18 % umidade/125 °C), T6 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/135 °C), T9 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/100 °C) e ABP T9 (Farinha extrudada de arroz branco polido - 22 % umidade/100 °C).....	68
Figura 18 Classificação granulométrica das sopas em pó, sendo: SI T ₁ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 75°C e 18% umidade); SI T ₂ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 75°C e 26% umidade); SI T ₃ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 125°C e 18% umidade); SI T ₆ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 135°C e 22% umidade); SI T ₉ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 100°C e 22% umidade); SI ABP T ₉ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido - 100°C e 22% umidade)	69
Figura 19 Gráfico de efeitos, (a) todos os provadores e (b) sem o provador 7.....	82
Figura 20 Gráfico de médias, (a) todos os provadores e (b) sem o provador 7	83
Figura 21 Gráficos do tipo Tucker representando o consenso do provador em relação ao grupo para cada atributo, (a) todos os provadores e (b) sem o provador 7	84
Figura 22 Gráfico aranha ilustrando o perfil sensorial das seis sopas em pó avaliadas na ADQ	86
Figura 23 Análise de Componentes Principais (ACP) sobre os dados da ADQ das sopas em pó analisadas, mostrando (a) posição dos atributos e (b) posição das amostras.....	88
Figura 24 Análise de Correspondência (AC) sobre os dados do CATA das sopas em pó.....	95
Figura 25 Análise de fatores múltiplos (AFM) sobre os dados da análise descritiva quantitativa (ADQ) e do questionário CATA	96
Figura 26 Correlação entre os atributos obtidos através da análise descritiva quantitativa (d) e o questionário CATA (c).....	97
Figura 27 Mapa Externo da Preferência: amostras e segmento de consumidores	98
Figura 28 Mapa Externo de Preferência sobreposto a superfície de contorno gerada por modelos ajustados aos dados da análise de fatores múltiplos (AFM)	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Categorias de testes e exemplos de métodos utilizados na análise sensorial ...	17
Quadro 2	Modelo da ficha do teste triangular utilizada para o teste de seleção de provadores	39
Quadro 3	Modelo da ficha do teste de ordenação utilizada para o teste de seleção de provadores	40
Quadro 4	Resultados das análises microbiológicas para coliformes a 35 °C e a 45 °C, bolores, leveduras, <i>Bacillus cereus</i> e <i>Salmonella</i> sp. e clostrídio sulfito redutor das sopas em pó	76
Quadro 5	Atributos sensoriais, definições e referências utilizadas na ADQ das seis amostras de sopa em pó	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1	Extrusão Termoplástica	2
2.1.1	Definição, vantagens e aplicações	2
2.1.2	Processo de extrusão.....	3
2.1.3	Efeito dos parâmetros de processo sobre as propriedades tecnológicas e funcionais	5
2.2	Arroz Vermelho (<i>Oryza sativa</i> L.).....	7
2.2.1	Características gerais	7
2.2.2	Produção e aspectos mercadológicos.....	8
2.2.3	Composição química e valor nutricional	9
2.3	Amora Preta (<i>Rubus</i> spp.).....	13
2.4	Produtos de Conveniência	13
2.4.1	Mercado de produtos de conveniência	13
2.4.2	Sopa instantânea	14
2.4.2.1	Mercado de sopas instantâneas	14
2.5	Análise Sensorial	15
2.5.1	Análises descritivas	18
2.5.2	Análise descritiva quantitativa.....	18
2.5.3	Check all that apply	19
2.5.4	Teste de aceitação	22
2.5.5	Mapa de preferência	24
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	Materiais	25
3.1.1	Obtenção das matérias-primas e insumos.....	25
3.1.1.1	Arroz vermelho integral.....	25
3.1.1.2	Resíduo do despulpamento de amora	25
3.2	Métodos	25
3.2.1	Produção da farinha de arroz vermelho integral.....	25
3.2.2	Acondicionamento das farinhas de arroz vermelho integral	25
3.2.3	Produção das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral	26
3.2.4	Processo de extrusão termoplástica	28
3.2.5	Caracterização física da matéria prima e das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.....	30
3.2.5.1	Índice de expansão radial.....	30
3.2.5.2	Densidade aparente	30
3.2.5.3	Análise de cor	31
3.2.6	Caracterização tecnológica funcional da matéria-prima, das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral e das sopas instantâneas	31
3.2.6.1	Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA).....	31
3.2.6.2	Propriedades viscoamilográficas	32
3.2.6.3	Difração em raio X	33
3.2.6.4	Densidade por picnometria	33
3.2.6.5	Análise de varredura dinâmica oscilatória.....	34

3.2.7	Formulação das sopas em pó	35
3.2.8	Caracterização da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas	36
3.2.8.1	Classificação granulométrica.....	36
3.2.8.2	Composição centesimal	37
3.2.8.3	Composição em mineral	38
3.2.8.4	Determinação do teor de antocianinas.....	38
3.2.9	Caracterização microbiológica das formulações de sopas instantâneas	38
3.2.10	Avaliação sensorial das sopas instantâneas	38
3.2.10.1	Análise descritiva quantitativa (ADQ)	38
3.2.10.2	Teste de aceitação	41
3.2.11	Determinação de aminoácidos.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1	Caracterização física da matéria prima e das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.....	44
4.1.1	Índice de expansão radial.....	44
4.1.2	Densidade aparente	45
4.1.3	Análise de cor	46
4.2	Características tecnológicas funcionais das farinhas extrudadas de arroz-vermelho integral	51
4.2.1	Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA).....	51
4.2.2	Propriedades viscoamilográficas	54
4.2.3	Difração em raio X	61
4.2.4	Densidade por picnometria	62
4.2.5	Análise de varredura dinâmica oscilatória.....	63
4.3	Formulação das sopas instantâneas	66
4.4	Caracterização da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas	67
4.4.1	Classificação granulométrica.....	67
4.4.2	Composição centesimal	69
4.4.3	Composição em mineral	72
4.4.4	Determinação do teor de Antocianinas.....	75
4.5	Caracterização microbiológica das formulações de sopas instantâneas	75
4.6	Avaliação sensorial das sopas instantâneas	77
4.6.1	Análise descritiva quantitativa (ADQ)	77
4.6.2	Teste de aceitação	90
4.7	Determinação de aminoácidos livres	99
5	CONCLUSÃO.....	101
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ANEXOS.....	127
	ANEXO A - Ficha de avaliação dos protótipos das formulações das sopas.....	128
	ANEXO B - Termo de consentimento livre e esclarecido dos provadores	129
	ANEXO C - Ficha utilizada na avaliação final das amostras na ADQ.....	131
	ANEXO D - Ficha para coleta de dados demográficos e de saúde dos consumidores no teste de aceitação.....	133
	ANEXO E - Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação e questionário CATA.....	134

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o consumidor tem uma grande preocupação com a qualidade nutricional de sua alimentação para promoção do seu bem estar, o que torna crescente a busca por novas matérias-primas e ingredientes.

Além disso, com os avanços e as mudanças do mundo moderno, como crescimento e envelhecimento da população no Brasil e no Mundo; aumento do poder de compra; redução do número de filhos por família; participação das mulheres no mercado de trabalho; maior acesso à informação, entre outros, os consumidores tendem a buscar a facilidade no preparo de alimentos, gerando, na indústria, a necessidade de uma crescente produção de alimentos prontos e semiprontos.

O processamento de alimentos por extrusão termoplástica tem destaque e expansão na indústria de alimentos, amplia a variedade de produtos alimentícios disponíveis no mercado e apresenta vantagens que os sistemas convencionais de processamento não oferecem. A técnica de extrusão possibilita a obtenção de um efeito nutricional vantajoso e útil no alimento, uma vez que viabiliza a utilização de varias misturas de diferentes matérias-primas ricas em proteínas e amidos, podendo incorporar na composição, minerais e vitaminas, além de possibilitar uma longa vida de prateleira e baixo custo ao produto. É um mecanismo efetivo na preservação, aumentando a vida útil de alimentos, uma vez que destrói microrganismos e inativa complexos enzimáticos e componentes antinutricionais. Variações nas condições de operação de extrusão permitem a produção de extrudados com várias características e que podem ser aplicados na indústria de alimentos.

O arroz-vermelho foi o primeiro arroz introduzido no Brasil, quando foi trazido pelos portugueses para a capitania de Ilhéus, no século XVI e acabou migrando para o semi-árido nordestino, onde até hoje tem a preferência dos habitantes dos sertões da Paraíba, do Rio Grande do Norte e de Pernambuco.

Os frutos da amora-preta são muito perecíveis e uma forma de conservá-los é processá-los na forma de geleia, polpa, suco, néctar ou sucos mistos. No processo de obtenção de suco de amora clarificado por microfiltração, a fração retida pela membrana apresenta um alto teor de antocianinas. Esta fração pode ser desidratada e inserida em uma formulação, aumentando a qualidade nutricional e conferindo ao produto uma coloração bastante atrativa.

Produtos de conveniência, caracterizados pelo preparo e/ou consumo mais fácil, são geralmente elaborados a partir de matérias-primas amiláceas provenientes de cereais, raízes ou tubérculos e leguminosas, destacando-se o milho e o arroz. Os produtos de conveniência existentes no mercado são caracterizados por apresentar um alto teor de amido e baixo conteúdo em outros macronutrientes (proteínas e fibras) e micronutrientes (minerais). As razões do uso exclusivo de cereais não integrais ou beneficiados decorre do fato deles serem encontrados em abundância, apresentarem um baixo custo de produção e características sensoriais favoráveis. De forma a aumentar o valor nutricional desses alimentos são necessários estudos sobre o uso de cereais integrais ou de novas matérias-primas, afim de que modificações no processo possam promover a obtenção de um produto com qualidade desejável pelo consumidor.

Este trabalho teve como objetivo produzir farinhas extrudadas de arroz vermelho integral e avaliá-las como ingrediente de uma formulação de sopa instantânea adicionada do subproduto da indústria amoreira (resíduo do despolpamento), através da descrição de seus atributos de qualidade sensorial, avaliação da aceitação com consumidores e análises físicas e químicas, para o desenvolvimento de um produto de boa aceitabilidade e maior valor nutricional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Extrusão Termoplástica

2.1.1 Definição, vantagens e aplicações

O processo de extrusão termoplástica consiste em um tratamento térmico que utiliza altas temperaturas em um curto período de tempo (HTST) que, por uma combinação de calor, umidade e trabalho mecânico (força de cisalhamento), modifica profundamente as matérias-primas proporcionando novos formatos e estruturas com diferentes características funcionais e nutricionais (FELLOWS, 2006). O emprego de altas temperaturas permite a inativação microbiológica e enzimática dos produtos obtidos por este processo. Além disso, o processo de extrusão modifica o amido em todos os níveis estruturais: a estrutura granular desaparece, os cristais se fundem e as macromoléculas despolimerizam (VAN DEN EINDE et al., 2005).

A extrusão termoplástica é um processo contínuo versátil, no qual a matéria prima é forçada através de uma matriz ou molde, em condições de mistura e aquecimento, pressão e fricção que levam à gelatinização do amido (AKDOGAN, 1999; THAKUR; SAXENA, 2000; VAN DEN EINDE et al., 2005), à desnaturação de proteínas (GUY, 2001a), à ruptura de ligações de hidrogênio (THAKUR; SAXENA, 2000), à formação de complexos entre amilose e lipídios (HSIEH; HUFF, 1997), a reações de condensação entre proteína-açúcar (reação de Maillard) (AMES et al., 1998; GUY, 2001b; IWE et al., 2004), a reações de degradação de pigmentos e vitaminas (ILO; BERGHOFER, 1999), à perda de compostos voláteis (BHANDARI, D'ARCY; YOUNG, 2001) entre outras. É um processo que combina várias operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem (FELLOWS, 2006).

A tecnologia de extrusão vem sendo amplamente utilizada na elaboração de diversos tipos de produtos devido a sua versatilidade e flexibilidade, além de ser um método de cozimento que requer menor gasto de energia. Como vantagens do processo de extrusão podem ser citadas: versatilidade e alta produtividade, já que uma ampla variedade de produtos pode ser produzida em um sistema básico de extrusão, o processo é contínuo e apresenta uma capacidade de produção maior do que os outros sistemas de cozimento; baixo custo; a obtenção de produtos de qualidade, devido ao cozimento rápido dos ingredientes a alta temperatura que promove a digestibilidade do amido, desnaturação de proteínas vegetais sem alterar sua qualidade, inativação de fatores tóxicos ou antinutricionais (inibidores de tripsina, ácido fítico etc.), redução da carga microbiana e da perda de nutrientes, como vitaminas e aumento da vida de prateleira dos produtos obtidos; não gerar efluentes de processo por ser um processo de baixa umidade, o que diminui os custos de tratamento de água e não cria problemas de poluição ambiental. Além disso, tem a vantagem de executar várias operações unitárias num processo único, rápido e eficiente; redução do custo em relação à energia, mão-de-obra, e outros custos de processamento pelo aumento do controle automático. (ASCHERI, 1997; GONZÁLEZ; TORRES; DE GREEF, 2002; GUY, 2002; LUSAS; RIAZ, 1994; MOUQUET et al., 2003; RIBAS et al., 2000).

Esta técnica é empregada para a produção de uma série de diferentes produtos baseados em matérias-primas proteicas, como a soja, ou ricas em amido, como os cereais em geral (MENEGASSI, 2009).

Segundo Chang e Lii (1992), a extrusão termoplástica tem sido explorada como o processo alternativo às modificações químicas tradicionais dos amidos e aos métodos convencionais de preparo de cereais matinais, snacks, amidos e farinhas gelatinizadas, os

quais são normalmente desenvolvidos em meio aquoso e geram grande volume de resíduos de difícil tratamento. Esses produtos geralmente são elaborados a base de cereais, como o milho e o arroz, e de amidos de raízes e tubérculos como a mandioca e a batata (BALAGOPALAN, 2002; CHEYNE; BARNES; WILSON, 2005; BOONYASIRIKOOL; CHARUNUCH, 2000; CHUANG; YEH, 2004; DING et al., 2005). Durante o cozimento por extrusão, o amido apresenta inicialmente uma forma granular, é progressivamente comprimido e transformado em um material denso, sólido e compacto, desaparecendo sua estrutura cristalina e granular (ASCHERI, 1997).

Alguns estudos elaborados nos últimos anos têm mostrado a utilização do processo da extrusão com o arroz (BORGES, 2002; CARVALHO, ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; GÓMEZ, 1997; MENDONÇA, 2005; SILVA, 2002; SILVA, 2007; WANG et al., 1999). As vantagens de usar este cereal na elaboração de snacks, massas alimentícias, farinhas instantâneas e cereais matinais reside no fato de que o arroz não é alergênico, é livre de glúten e naturalmente tem baixo teor de sódio e somente traços de lipídios, é uma fonte importante de vitaminas e minerais e tem aproximadamente 7 % de proteína de boa qualidade (DZIEZAK, 1991; GÓMEZ, 1997).

As farinhas de arroz vêm sendo utilizadas para preencher necessidade particular da indústria ou do consumidor, tais como alimentos infantis, produtos cárneos, formulação de panquecas e waffles, cereais matinais, massa e farinha para empanados ou como parte da formulação de pães, massas de pizza e muffins, além de ser muito utilizado nas formulações de produtos alimentícios para portadores da doença celíaca (ORMENESE; CHANG, 2002; DEOBALD, 1972; BEAN; NISHITA, 1985).

2.1.2 Processo de extrusão

O extrusor é composto de cinco partes principais: um mecanismo de alimentação; uma rosca ou um parafuso sem fim; um cilindro ou canhão; a matriz e um mecanismo de corte, mostrados na Figura 1 (EL-DASH, 1981).

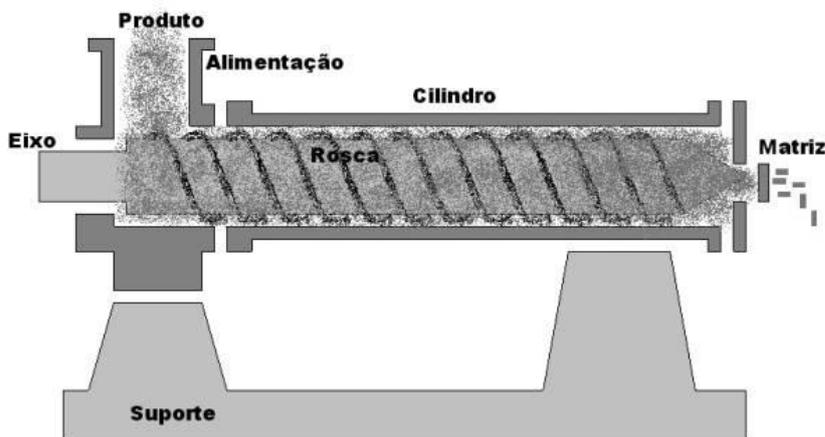


Figura 1 Desenho esquemático de uma extrusora mono rosca

A transformação do material durante o processo de extrusão ocorre em três etapas: a plastificação, onde o material sólido em qualquer estado nativo (grânulo ou pó), torna-se um líquido homogêneo pela fusão, como processo físico principal; a modelagem do material em

estado fundido pela passagem através da matriz; e por fim, o cozimento e a texturização do produto (COLONNA et al., 1984).

O sistema de alimentação, formado por um alimentador, é composto por um recipiente que recebe o material pré-condicionado a ser extrudado e um parafuso de alimentação, localizado horizontalmente ou verticalmente. Para permitir um melhor fluxo, o alimentador é equipado com um agitador. O modelo do sistema de alimentação é um ponto crítico, pois é necessário que haja um suprimento adequado do material, a fim de permitir o bom funcionamento do extrusor e evitar flutuações no processo de cocção e nas características dos produtos obtidos (SUNDERLAND, 1993; EL-DASH, 1981).

O extrusor pode ser constituído por um ou dois parafusos ou roscas giratórios, firmemente encaixados dentro de um cilindro para alimentar, para promover a cocção e pressionar o material. Moura (2000) afirma que este parafuso apresenta-se como parte central e principal do equipamento, possuindo em sua divisão as zonas de alimentação, compressão e cocção de acordo com a Figura 2.

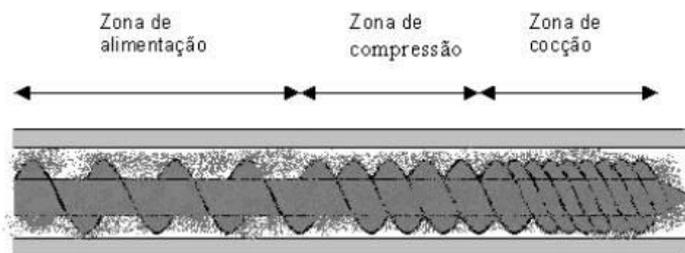


Figura 2 Zonas de alimentação, compressão e cocção
Fonte: SILVA, 2007

A função da seção ou zona de alimentação é receber o material, misturá-lo, comprimi-lo, e iniciar seu transporte através do parafuso que, por sua vez, conduz o material em direção à matriz, revirando e pressionando-o contra as paredes do cilindro, promovendo o cisalhamento e transformação em uma massa uniforme, o ar é expelido e os espaços da rosca são ocupados (GÓMEZ, 1997; GUY; HORNE, 1988; SILVA, 2002). O alimento absorve calor por dissipação de energia mecânica aplicada ao parafuso. O calor pode ser adicionado também através de uma camisa de vapor ao redor do cilindro ou por aquecimento elétrico (SILVA, 2007).

Na seção ou zona de transição, conhecida como zona do amassado, a geometria do parafuso modifica-se gradualmente com decrescente altura da rosca, ou a presença de placas perpendiculares ao fluxo para restrição interna deste, os quais irão aumentar a taxa de cisalhamento e a energia mecânica, resultando em elevação da temperatura. O alimento nessa seção é trabalhado totalmente, transformando-se em uma massa de cozimento parcial (GÓMEZ, 1997; SILVA, 2002).

A zona de cocção é a parte mais importante do extrusor. A sua função é receber o material comprimido, homogeneizá-lo e forçá-lo através da matriz, em pressão constante. A taxa de cisalhamento é muito alta nessa seção, fazendo com que a intensidade da mistura seja aumentada e a dissipação de energia mecânica atinja o ponto máximo. O aumento da temperatura é muito rápido e alcança o máximo antes do produto emergir da matriz, assim, a massa é cozida até o grau desejado (ASCHERI, 1997).

O cilindro de um extrusor pode ser constituído de seções, afim de que a desmontagem seja facilitada, ou de uma única peça. O controle da temperatura em cada uma das zonas do

extrusor pode ser feito por meio de serpentinas de ar comprimido ou camisas de água fria. Muitos cilindros são equipados com sensores de pressão e temperatura para controle do processo (BORGES, 2002).

O final do cilindro é equipado com um sistema de peças que, geralmente possui vários orifícios, conhecida como matriz, cuja função é de moldar o produto no formato desejado e trabalhar como um redutor de fluxo, aumentando a pressão na zona de cozimento do extrusor. Devido ao papel crítico de sua geometria na determinação do formato e características do extrudado, inúmeras matrizes têm sido desenvolvidas (BORGES, 2002).

Conforme sugere El-Dash (1981), um mecanismo para cortar o produto extrudado pode ser instalado logo após a matriz. O motor do cortador deve ser de velocidade variável para permitir a obtenção de extrudados de comprimento uniforme. O tempo de residência do alimento no extrusor é função do desenho do parafuso e de sua velocidade de rotação, sendo que a duração é de poucos segundos e a temperatura de descarga pode exceder a 200°C. A ebulição ou vaporização da umidade não ocorre, dentro do extrusor, mesmo a altas temperaturas, pois a pressão é bastante alta; 40-60 atm (atmosferas), sendo liberada quando o produto passa através da matriz. A rápida liberação da pressão causa a evaporação instantânea da água superaquecida, ocorrendo a expansão do produto. A rápida perda de umidade após a matriz resulta em um resfriamento do produto a uma temperatura próxima de 80°C em questão de segundos, ocorrendo simultaneamente a sua solidificação (MOURA, 2000).

A matéria-prima que entra no processo é convertida em uma massa fundida, devido às altas pressões e ao grande cisalhamento, em temperaturas elevadas, dentro do extrusor, o que mantém a água em estado líquido. Quando essa massa sai pela matriz do extrusor, ao final do cilindro ou canhão, a água líquida supersaturada se vaporiza instantaneamente, devido à mudança de pressão, passando o produto de uma massa fundida a um produto poroso, após a sua solidificação à temperatura ambiente (AREAS, 1992).

Segundo Ribas et al. (2000) o controle do processo de extrusão é bastante complexo devido a um grande número de variáveis que o afetam. Para Fellows (2006), os dois principais fatores que influenciam nas características dos produtos extrudados são: as características das matérias-primas e as condições operacionais do extrusor. Como principais características, para a matéria-prima, são destacadas as seguintes: tipo de material, teor de umidade, estado físico, composição química (teores e tipos de amidos, proteínas, gorduras, fibras e açúcares) e pH do material. Já, como parâmetros operacionais são apontados como importantes: temperatura, pressão, diâmetro da matriz e taxa de cisalhamento, sendo esta última influenciada pelo desenho interno do extrusor e pelo seu comprimento; além da velocidade e geometria da(s) rosca(s).

2.1.3 Efeito dos parâmetros de processo sobre as propriedades tecnológicas e funcionais

Os fatores ligados à matéria-prima tais como teor de umidade, proporção de amilose e amilopectina (FAUBION; HOSENEY, 1982), conteúdo de proteína, lipídios e fibra e as fontes de amido utilizadas exercem grande influência no produto acabado (ASCHERI et al., 1995).

Porém na extrusão, as características funcionais dos amidos podem ser alteradas por parâmetros como temperatura do extrusor, conteúdo de umidade inicial, rotação e configuração do parafuso, velocidade de alimentação, diâmetros da matriz, tempo e temperatura de secagem, grau de cisalhamento, temperatura do produto, tempo de residência e pressão interna são aspectos importantes que devem ser monitorados cuidadosamente para se obter produtos de alta qualidade (ASCHERI, 2011).

Tantos os fatores ligados à matéria prima como àqueles ligados ao processo de extrusão são responsáveis pela extensão da quebra estrutural do amido, da qual depende o comportamento de solubilidade e viscosidade do produto extrudado (ASCHERI, 2011).

Dependendo do tipo e graus de tratamento térmico, os produtos extrudados e secos podem ser caracterizadas pela sua estrutura expandida, pela coesividade, pela forma e/ou sensação na boca. Após a moagem, os produtos extrudados apresentam alguma solubilidade, que conduz a um comportamento espessante e a uma alta susceptibilidade à ação enzimática aminolíticas. Essas propriedades são altamente influenciadas pela origem do amido e pelas condições utilizadas no processo de extrusão.

O amido nativo quase não absorve água à temperatura ambiente e sua contribuição para a viscosidade é praticamente zero (BOBBIO; BOBBIO, 2003). Entretanto, o amido extrudado absorve água rapidamente, formando uma pasta à temperatura ambiente, sem qualquer aquecimento.

As principais propriedades funcionais dos amidos extrudados, quando dispersos em excesso de água, são a absorção de água (IAA) e a solubilidade em água (ISA).

O IAA está relacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002). Indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amidos de uma determinada amostra submetida a um tratamento térmico (ANDERSON et al., 1969). Correlaciona-se com a viscosidade de pasta a frio, pois apenas os grânulos de amido danificados absorvem água à temperatura ambiente, resultando no aumento da viscosidade. Após atingir um máximo, com relação ao grau de amido danificado, o IAA diminui com o início da dextrinização (ASCHERI, 1997). Já o ISA está relacionado com a quantidade de moléculas solúveis na amostra seca e mede a dextrinização. É um parâmetro que mede o grau de degradação do grânulo de amido e depende da quantidade de moléculas solúveis e também da intensidade e do tipo de reações que ocorrem durante a extrusão. Além da gelatinização do amido, que resulta na liberação da amilose e amilopectina de seus grânulos, poderá ocorrer também a dextrinização dos componentes do amido e outras reações que conduzem à formação de compostos de baixo peso molecular, que irão influir no índice de solubilidade em água (GUTKOSKI, 1997; SEBIO; CHANG, 2000). A solubilidade em água do amido está também relacionada com a expansão e segue as mesmas variações com as condições de extrusão. A característica de “grudento” de alguns produtos extrudados de amido está relacionada com a sua alta solubilidade. Este problema pode ser minimizado complexando-se a amilose solúvel com ácidos graxos ou monoglicerídeos, os quais atuam simultaneamente no retardamento da retrogradação do material extrudado (ASCHERI, 2011).

Segundo Anderson et al. (1969), o ISA indica a intensidade do tratamento térmico e consequente desramificação da estrutura amilácea e pode-se dizer que o ISA aumenta com a severidade do tratamento térmico.

Baixos valores de IAA refletem o restrito acesso da água aos amidos extrudados, atribuída a uma estrutura compacta. Por outro lado, a solubilidade pode ser relacionada ao menor peso molecular dos componentes do amido, que podem ser separados muito facilmente uns dos outros devido à limitada interação entre eles (ASCHERI; ASCHERI; CARVALHO, 2006; CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002).

Os valores de ISA e IAA podem ser utilizados para estimar a adequabilidade do uso de produtos amiláceos extrudados em suspensões ou soluções. As aplicações em meios com quantidade limitada de água são baseadas nessas duas propriedades funcionais e envolvem frequentemente a capacidade de interação das ligações de hidrogênio.

A viscosidade de pasta é uma das propriedades mais importantes de misturas instantâneas e tem sido uma ferramenta importante para verificar indiretamente os efeitos do tratamento térmico ao qual o alimento foi submetido. A curva de viscosidade representa o

comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, devido às modificações estruturais das moléculas de amido e de outros componentes.

De acordo com Deshpande et al. (1983), a altura do pico de viscosidade pode refletir a habilidade dos grânulos de amido de se intumescerem, livremente, antes de suas quebras físicas. Os amidos que intumescem em maior grau são menos resistentes às quebras no cozimento e, portanto, a viscosidade pode diminuir significativamente após ter atingido o valor máximo.

Wang et al. (2005) verificaram que as viscosidades a frio (25°C), de pico, a quente (95°C), final a 25°C e de quebra, além de retrogradação de farinhas de trigo e soja pré cozidas apresentaram valores mais elevados com o incremento da temperatura do canhão e com nível intermediário de umidade (26%). Valores mais elevados de viscosidade a quente, em produtos extrudados, indicam tratamentos menos severos e umidade mais elevada, pois estas condições possibilitam a manutenção de maior percentual de grânulos de amido intactos. Gomez e Aguilera (1984) e Arámbula et al. (1998), confirmam que a viscosidade máxima depende da variável temperatura, sendo normalmente alta para amostras tratadas a temperaturas baixas, devido à quantidade de grânulos de amido ainda disponíveis para serem gelatinizados. Já Silva et al. (2004) observaram que a degradação dos grânulos de amido aumenta em baixa umidade, uma vez que o atrito mecânico provocado pelo parafuso é maior. Isto se reflete em menores condições de intumescimento dos grânulos, diminuindo a viscosidade. Segundo Bobbio e Bobbio (2003), a viscosidade final, no ciclo de resfriamento, reflete o grau de retrogradação ou da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina das matérias-primas. O efeito dessa retrogradação implica no aumento da viscosidade de pasta final.

2.2 Arroz Vermelho (*Oryza sativa* L.)

2.2.1 Características gerais

O arroz é o cereal mais importante e cultivado no mundo, fazendo parte da dieta de mais da metade da população mundial. Apresenta grande diversidade genética, com milhares de variedades cultivadas no mundo, dentre as quais estão as que a coloração do pericarpo do grão é avermelhada, chamadas de arroz vermelho (SEGATTO et al., 2007). A origem do arroz vermelho ainda não é bem definida. Alguns estudiosos acreditam que a forma originária do arroz era de pericarpo vermelho. Outros pesquisadores defendem a teoria de que o arroz vermelho surgiu de cruzamentos naturais com arroz branco.

Segundo Pereira e Ramos (2004) existem 23 espécies catalogadas de arroz pertencentes ao gênero *Oryza* L., das quais apenas duas são cultivadas, *Oryza glaberrima* e *Oryza sativa*. A primeira é originária do oeste da África e ficou restrita a este continente, enquanto a segunda tem origem no sudeste asiático e é atualmente cultivada em pequenas áreas do Brasil, Argentina, Venezuela, Nicarágua, França, Madagáscar, Moçambique, China, Índia, Sri Lanka, Nepal, Butão, Indonésia, Tailândia, Japão e Coreia do Sul e vem substituindo a espécie de origem africana.

O arroz-vermelho vem também ganhando popularidade no Japão como um alimento funcional devido ao seu elevado teor de polifenóis. O crescente interesse pelo arroz-vermelho no Japão levou ao aparecimento de vários produtos secundários como macarrão colorido, bolos, e bebidas alcoólicas (ITANI et al., 2002).

As primeiras sementes da espécie *Oryza sativa* L. vieram do Oriente para a cidade de Veneza pela rota das especiarias após o século XV. Em seguida, o arroz foi levado para Portugal. O arroz-vermelho foi o primeiro arroz introduzido no Brasil, quando foi trazido pelos portugueses para a capitania de Ilhéus, no século XVI e foi disseminado entre os

lavradores que passaram a denominá-lo de arroz vermelho, arroz da terra ou arroz de veneza. Acabou migrando para o semi-árido nordestino, onde até hoje tem a preferência dos habitantes dos sertões da Paraíba, do Rio Grande do Norte e de Pernambuco (PEREIRA; RAMOS, 2004).

O plantio é feito durante a estação chuvosa, nos baixos alagados. Os sistemas de cultivo do arroz vermelho praticados no Brasil até então são bastante rudimentares, se dá em várzeas, dependente de água das chuvas, mas existem alguns agricultores que o cultivam em condições irrigadas. A produtividade dos genótipos tradicionais é muito baixa (cerca de 2 t ha⁻¹), mas há cultivares com o mesmo potencial de produção do arroz branco irrigado, em torno de cinco a seis mil kg ha⁻¹. Plantado predominantemente por pequenos agricultores, como lavouras de subsistência e sem o uso de qualquer tecnologia, esse cereal, em termos práticos, pode e deve ser considerado um alimento ecológico podendo, assim, se tornar um produto ainda mais importante que efetivamente já é em um futuro próximo. É considerado um verdadeiro patrimônio genético, cultural e alimentar do povo nordestino (PEREIRA; RAMOS, 2004).

O arroz-vermelho cultivado no nordeste pertence à mesma espécie do arroz-vermelho planta invasora (*Oryza sativa*). A diferença é que, botanicamente, um existe já na forma cultivada, enquanto o outro é uma forma espontânea. Ou seja, enquanto o cultivado vem sendo submetido a um longo processo de seleção, o espontâneo, como o nome diz, continua uma planta silvestre (PEREIRA, 2004).

Para não perder sua característica principal, que é a cor do pericarpo, é consumido na forma integral ou semi-integral, sendo, assim, mais nutritivo do que o branco. O arroz vermelho cultivado no Brasil pode ser considerado um produto ecologicamente limpo, uma vez que jamais recebeu qualquer tratamento agroquímico. Portanto, pode vir a ser um nicho de mercado para os adeptos de alimentação natural.

As características predominantes de planta e semente dos biótipos de arroz vermelho que os distinguem das cultivares de arroz são: ciclo mais longo e plantas de porte mais alto do que as cultivares modernas, colmos finos, folhas de cor verde claro e decumbentes, alto vigor e alta capacidade de afilamento, pericarpo de cor avermelhada, pálea e lema com variação de cor (AGOSTINETTO et al., 2001). Contudo, devido ao cruzamento natural entre o arroz vermelho tradicional e o arroz branco, já foram identificadas variedades de arroz vermelho com arquitetura de planta moderna (porte baixo, folhas curtas, estreitas e eretas) e elevado potencial produtivo (PEREIRA et al., 2009).

Ultimamente vem se verificando uma demanda crescente por parte de restaurantes localizados em grandes centros consumidores do País, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília, sendo o arroz-vermelho considerado uma iguaria gastronômica e uma das fortalezas pela associação internacional Slow Food (entidade sem fins lucrativos fundada em 1989 como resposta aos efeitos padronizantes do fast food) (SLOW FOOD BRASIL, 2008).

Anteriormente, as pesquisas com arroz vermelho no Brasil visavam o desempenho agrônômico. Hoje, devido a sua importância nutricional, os estudos vêm concentrando esforços na sua caracterização tecnológica e até mesmo sensorial.

2.2.2 Produção e aspectos mercadológicos

Segundo Wu e Seib (1990), mundialmente, os cereais de maior importância são o trigo, o milho e o arroz. Os dois primeiros são reconhecidamente importantes ingredientes alimentares, que são normalmente transformados em farinha ou amido antes do consumo, ao contrário do arroz, que no Brasil é consumido principalmente na forma de grãos inteiros,

descascados e polidos (CASTRO et al., 1999), havendo necessidade de mais estudos para ampliar sua utilização, especialmente para o aproveitamento de seus subprodutos.

Segundo Agostinetto et. al. (2001), desde o ano 700 d.C., arroz com pericarpo vermelho era cultivado em quase todas as áreas orizícolas do Japão. Entretanto, por problemas decorrentes do baixo rendimento de grãos e com sabor bastante diferenciado do branco, esses tipos de arroz deixaram de ser cultivados na segunda metade do século XIX.

Atualmente são plantados menos de 10 mil hectares de arroz-vermelho no Brasil. Destes, cerca de seis mil hectares estão na Paraíba, principalmente no Vale do Rio Piancó, uma bacia hidrográfica de solos naturalmente muito férteis, cujo isolamento geográfico e a completa inexistência de tecnologias para esse cereal não permitiram até hoje a introdução de qualquer outro arroz. Os restantes do arroz-vermelho plantado no Brasil estão localizados no Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia, Alagoas e norte de Minas gerais, em regiões muito específicas e, notadamente, de minifúndio e produção familiar. Este cenário, no entanto, faz com que seu valor de mercado seja bem superior ao arroz tradicional, criando um nicho de comercialização bastante interessante (ITANI et al., 2002). Segundo Pereira (2006), o arroz-vermelho chega a valer o dobro do melhor arroz branco vendido no país. Assim como no Brasil, o arroz vermelho possui valores de mercado superiores ao arroz branco no Japão.

O plantio do grão é feito entre o fim de dezembro e início de janeiro, época em que predomina o período chuvoso na região sertaneja da Paraíba. Já a colheita é realizada entre os meses de abril e maio. O arroz vermelho produzido na cidade de Santana dos Garrotes, no Vale do Piancó, já é exportado para a Itália e gera renda para agricultores paraibanos.

Apesar de tratar-se de um produto de boa qualidade alimentar, bastante consumido e integrante de uma rica culinária regional no nordeste, são raras as indústrias que trabalham com este produto. O arroz-vermelho está correndo o risco de extinção nessa região brasileira devido à forte concorrência da indústria do arroz branco e o acelerado êxodo rural na região produtora. Existe a preocupação dos pesquisadores em preservar a viabilidade genética do arroz-vermelho, para manter a qualidade do alimento e promover seu melhoramento genético (PEREIRA, 2004).

2.2.3 Composição química e valor nutricional

As pesquisas quanto ao valor nutricional estão no início. Walter (2009) analisou a composição química de grãos integrais de arroz com pericarpo vermelho e marrom-claro (arroz branco integral). Foram avaliados grãos integrais de 10 ecótipos de arroz com pericarpo vermelho coletados por pesquisadores do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) em lavouras de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, denominados Ec1A, Ec1B, Ec2A, Ec2B, Ec2C, Ec2D, Ec3A, Ec3B e Ec4A; cinco variedades de arroz com pericarpo vermelho de cultivo tradicional na região Nordeste do Brasil, coletados pela Embrapa Meio-Norte, denominadas PB1, PB4, PB5, PB11 E PB13; uma variedade com pericarpo vermelho desenvolvida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), denominada Epagri, e uma variedade de arroz com pericarpo marrom-claro do IRGA, denominada Irga 417. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

O teor de carboidratos totais variou de 76,78 a 81,01%. O teor de amilose de 23,21 a 28,04%. O teor de amilose é importante devido a sua importância tecnológica. De acordo com o conteúdo de amilose os grãos podem ser classificados como de baixo teor de amilose (< 22%), teor de amilose intermediário (entre 23 e 27%) e alto teor de amilose (entre 28 e 32%) (MARTÍNES; CUEVAS-PEREZ, 1989).

Tabela 1 Composição Química (% na matéria seca) de grãos integrais de arroz com pericarpo marrom-claro e vermelho

	CT ¹	Aml ²	FT ³	FI ⁴	FS ⁵	Ptn ⁶	Lip ⁷	MM ⁸
Marrom Claro	79.05 ± 0.50 ^a	26,81 ± 0,03 ^a	8,03 ± 0,11 ^c	3,66 ± 0,03 ^b	4,37 ± 0,09 ^b	8,30 ± 0,11 ^b	2,81 ± 0,34 ^b	1,84 ± 0,01 ^a
Epagri ⁹	77.88 ± 0.02 ^b	23,21 ± 0,14 ^c	9,25 ± 0,21 ^b	6,29 ± 0,68 ^a	2,96 ± 0,46 ^d	8,26 ± 0,33 ^b	3,35 ± 0,07 ^a	1,26 ± 0,06 ^c
PB 1 ¹⁰	78.96 ± 0.82 ^a	26,72 ± 0,83 ^a	9,20 ± 0,59 ^b	4,21 ± 0,23 ^b	4,98 ± 0,37 ^b	7,86 ± 0,04 ^c	2,90 ± 0,22 ^b	1,09 ± 0,03 ^c
PB 4 ¹⁰	79.20 ± 0.14 ^a	27,56 ± 1,07 ^a	7,23 ± 0,28 ^d	5,75 ± 0,01 ^a	1,48 ± 0,27 ^e	9,36 ± 0,08 ^a	2,92 ± 0,09 ^b	1,29 ± 0,04 ^c
PB 5 ¹⁰	79.37 ± 0.01 ^a	25,68 ± 0,65 ^b	8,52 ± 0,04 ^b	4,00 ± 0,73 ^b	4,52 ± 0,69 ^b	7,75 ± 0,24 ^c	3,21 ± 0,07 ^a	1,14 ± 0,13 ^c
PB 11 ¹⁰	78.30 ± 0.36 ^b	24,70 ± 0,17 ^b	9,03 ± 0,58 ^b	5,28 ± 0,20 ^a	3,74 ± 0,37 ^c	7,86 ± 0,01 ^c	3,32 ± 0,27 ^a	1,49 ± 0,04 ^b
PB 13 ¹⁰	76.78 ± 0.01 ^b	25,98 ± 0,16 ^b	10,14 ± 0,49 ^a	5,00 ± 0,25 ^a	5,14 ± 0,25 ^b	8,66 ± 0,49 ^b	2,62 ± 0,11 ^b	1,80 ± 0,11 ^a
Ec1A ¹¹	81.01 ± 0.18 ^a	27,62 ± 0,35 ^a	7,19 ± 0,18 ^d	5,08 ± 0,30 ^a	2,10 ± 0,12 ^e	7,78 ± 0,01 ^c	2,86 ± 0,13 ^b	1,16 ± 0,13 ^c
Ec1B ¹¹	78.71 ± 1.30 ^a	27,06 ± 0,06 ^a	7,96 ± 0,83 ^c	3,92 ± 0,18 ^b	4,04 ± 0,65 ^c	8,16 ± 0,16 ^b	3,30 ± 0,24 ^a	1,88 ± 0,08 ^a
Ec2A ¹¹	79.22 ± 0.87 ^a	26,56 ± 0,46 ^a	7,80 ± 0,74 ^c	4,22 ± 0,29 ^b	3,58 ± 0,45 ^c	8,51 ± 0,01 ^b	2,68 ± 0,05 ^b	1,78 ± 0,08 ^a
Ec2B ¹¹	77.00 ± 0.61 ^b	27,20 ± 0,37 ^a	10,68 ± 0,30 ^a	3,60 ± 0,12 ^b	7,09 ± 0,18 ^a	7,61 ± 0,35 ^c	2,96 ± 0,01 ^b	1,74 ± 0,04 ^a
Ec2C ¹¹	80.46 ± 0.07 ^a	24,94 ± 0,16 ^b	6,92 ± 0,21 ^d	3,05 ± 0,34 ^c	3,88 ± 0,14 ^c	7,70 ± 0,08 ^c	3,10 ± 0,14 ^a	1,82 ± 0,09 ^a
Ec2D ¹¹	79.56 ± 1.13 ^a	25,92 ± 1,31 ^b	6,78 ± 0,18 ^d	4,48 ± 0,50 ^b	2,76 ± 0,32 ^d	8,20 ± 0,09 ^b	2,92 ± 0,05 ^b	2,08 ± 0,16 ^a
Ec3A ¹¹	79.87 ± 0.25 ^a	28,04 ± 0,71 ^a	7,32 ± 0,33 ^d	5,50 ± 0,73 ^a	1,84 ± 0,40 ^e	7,84 ± 0,19 ^c	3,19 ± 0,08 ^a	1,78 ± 0,01 ^a
Ec3B ¹¹	77.36 ± 0.80 ^b	26,52 ± 1,17 ^a	9,60 ± 0,58 ^b	2,62 ± 0,55 ^c	6,98 ± 0,02 ^a	7,79 ± 0,44 ^c	7,79 ± 0,44 ^c	1,99 ± 0,15 ^a
Ec3C ¹¹	77.98 ± 1.27 ^b	25,86 ± 0,13 ^b	9,50 ± 0,63 ^b	5,96 ± 0,23 ^a	3,56 ± 0,40 ^c	7,60 ± 0,45 ^c	3,07 ± 0,10 ^a	1,84 ± 0,08 ^a
Ec4B ¹¹	78.78 ± 0.12 ^a	24,96 ± 0,25 ^b	8,56 ± 0,02 ^b	5,31 ± 0,27 ^a	3,25 ± 0,25 ^d	8,27 ± 0,07 ^b	2,74 ± 0,08 ^b	1,65 ± 0,11 ^a

¹ carboidratos totais; ² amilose; ³ fibra alimentar total; ⁴ fibra alimentar insolúvel; ⁵ fibra alimentar solúvel; ⁶ proteína (N x 5.95); ⁷ lipídios; ⁸ material mineral; ⁹ variedade de com pericarpo vermelho desenvolvido pela Epagri; ¹⁰ variedades de arroz com pericarpo vermelho de cultivo tradicional na região nordeste coletados pela Embrapa Meio Norte; ¹¹ Ecótipos de arroz com pericarpo vermelho coletados pelo IRGA em lavouras de diferentes regiões do Rio Grande do Sul; resultados expressos como média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro

Fonte: WALTER, 2009.

O autor observou uma diferença significativa nos teores de fibras alimentares total, insolúvel e solúvel nos grãos avaliados, com valores entre 6,78 e 10,68% (variação de 36,5%); 2,62 e 6,29% (variação de 58,3%); 1,48 e 7,09% (variação de 79,1%), respectivamente. O teor de proteína nos grãos variou de 7,60 a 9,36% mostrando-se próximo ao teor médio (8%) em grãos integrais de arroz.

Foram observados teores de lipídios entre 2,62 e 3,35% nos grãos avaliados por Walter (2009). Estes resultados mostraram-se dentro de esperado, uma vez que o arroz, normalmente, apresenta baixo teor de lipídeos. Os resultados encontrados foram semelhantes aos obtidos por Taira e Itani (1988) e Storck (2004) que, avaliando grãos integrais com pericarpo marrom-claro (arroz branco integral), obtiveram valores entre 2,3-3,2% e 1,2-3,4%, respectivamente. Além disso, foi possível observar que, dos 15 materiais com pericarpo vermelho avaliados, 08 apresentaram teor de lipídios significativamente maior do que o genótipo com pericarpo marrom-claro.

O teor de mineral dos grãos, segundo Walter (2009), variou de 1,09 a 2,08% (variação de 47,6%). Alguns pesquisadores observaram maior conteúdo de matéria mineral em grãos de arroz com pericarpo vermelho e preto comparado àqueles com pericarpo marrom-claro (arroz branco integral) (GOTO; MURAKAMI; YAMANAKA, 1996). Entretanto o mesmo não foi observado por Walter (2009), onde o teor de matéria mineral foi significativamente igual ou menor para os materiais com pericarpo vermelho.

Também foram avaliados por Walter (2009) os teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês e zinco (Tabela 2). Pode-se observar grande variabilidade no conteúdo de minerais entre os genótipos, com variação de 70,4% para fósforo, 96,3% para cálcio, 52,6% para magnésio, 47,7% para potássio, 76,3% para ferro, 62,5% para manganês e 55,1% para zinco. Para todos os minerais avaliados, pode-se observar que alguns genótipos de arroz com pericarpo vermelho apresentam concentração significativamente maior do que o genótipo com pericarpo marrom-claro (arroz branco integral). Outros pesquisadores também relataram maior concentração de alguns minerais em grãos com pericarpo vermelho e preto, como ferro (ZHANG; GUO; PENG, 2004; MENG; WEI; YANG, 2005), zinco (YANG et al., 1998; ZHANG; GUO; PENG, 2004), manganês e fósforo (ZHANG; GUO; PENG, 2004).

Pelos resultados obtidos pelo autor nota-se que existe diferença significativa na composição química entre grãos de arroz com pericarpo marrom-claro (arroz branco integral) e vermelho, principalmente no teor de fibra e minerais, sendo que alguns genótipos de arroz com pericarpo vermelho se destacam por possuírem maior concentração de certos componentes avaliados, como proteína, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês e zinco.

Tabela 2 Teor de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg 100 g⁻¹, em base seca) de grãos integrais de arroz com pericarpo marrom-claro e vermelho

	P	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Zn
Marrom Claro	426,6 ± 39,7 ^c	15,3 ± 2,4 ^h	61,1 ± 6,4 ^c	299,2 ± 13,2 ^b	4,4 ± 0,8 ^b	2,9 ± 0,4 ^b	5,8 ± 1,1 ^b
Epagri ¹	385,0 ± 59,6 ^c	18,4 ± 1,6 ^h	72,4 ± 8,1 ^c	271,8 ± 17,9 ^b	4,8 ± 0,9 ^b	2,8 ± 0,5 ^b	6,0 ± 1,2 ^b
PB 1 ²	176,2 ± 20,1 ^e	34,6 ± 2,4 ^g	67,6 ± 8,8 ^c	297,2 ± 14,1 ^b	5,2 ± 0,6 ^b	2,5 ± 0,3 ^c	7,8 ± 1,1 ^a
PB 4 ²	349,5 ± 24,1 ^d	26,1 ± 0,8 ^h	77,8 ± 3,3 ^b	347,2 ± 28,9 ^a	3,8 ± 0,8 ^c	3,8 ± 0,8 ^c	3,5 ± 0,3 ^b
PB 5 ²	274,4 ± 37,5 ^d	15,4 ± 2,4 ^h	100,2 ± 5,7 ^a	272,6 ± 20,5 ^b	6,5 ± 1,1 ^a	2,6 ± 0,6 ^b	4,4 ± 0,8 ^b
PB 11 ²	360,3 ± 33,8 ^d	18,4 ± 1,6 ^h	92,5 ± 8,9 ^b	286,4 ± 2,7 ^b	3,0 ± 0,6 ^c	1,6 ± 0,5 ^c	4,7 ± 0,5 ^b
PB 13 ²	495,0 ± 28,7 ^b	22,0 ± 1,6 ^h	111,3 ± 8,2 ^a	390,2 ± 10,8 ^a	2,9 ± 0,3 ^c	4,0 ± 0,5 ^a	4,0 ± 0,3 ^b
Ec1A ³	308,2 ± 16,6 ^d	17,5 ± 2,4 ^h	87,6 ± 12,0 ^b	395,2 ± 31,6 ^a	5,2 ± 0,5 ^b	3,0 ± 0,4 ^b	4,6 ± 0,8 ^b
Ec1B ³	405,1 ± 36,7 ^c	14,8 ± 3,2 ^h	91,7 ± 14,4 ^b	296,4 ± 28,2 ^b	4,0 ± 0,7 ^c	2,6 ± 0,4 ^b	5,2 ± 0,7 ^b
Ec2A ³	295,8 ± 12,0 ^d	7,8 ± 1,6 ^h	79,8 ± 4,8 ^b	361,4 ± 13,1 ^a	2,8 ± 0,4 ^c	2,1 ± 0,2 ^c	4,4 ± 0,1 ^b
Ec2B ³	188,0 ± 17,6 ^e	13,4 ± 3,2 ^h	105,5 ± 4,8 ^a	206,8 ± 30,6 ^c	7,6 ± 0,8 ^a	3,3 ± 0,4 ^b	5,8 ± 0,7 ^b
Ec2C ³	595,0 ± 18,2 ^a	42,4 ± 4,0 ^g	82,6 ± 6,4 ^b	359,1 ± 39,6 ^a	5,0 ± 0,4 ^b	3,1 ± 0,3 ^b	4,4 ± 0,7 ^b
Ec2D ³	462,5 ± 49,2 ^b	57,6 ± 1,6 ^f	83,1 ± 0,8 ^b	347,0 ± 44,0 ^a	5,7 ± 0,7 ^b	4,0 ± 0,5 ^a	7,4 ± 1,1 ^a
Ec3A ³	316,3 ± 57,0 ^d	113,4 ± 14,3 ^e	65,0 ± 4,8 ^c	326,6 ± 19,2 ^a	4,2 ± 1,2 ^b	3,0 ± 0,3 ^b	7,8 ± 1,3 ^a
Ec3B ³	304,4 ± 49,3 ^d	137,2 ± 1,6 ^d	52,8 ± 8,0 ^c	331,5 ± 56,0 ^a	4,5 ± 0,8 ^b	2,9 ± 0,3 ^b	5,2 ± 0,6 ^b
Ec3C ³	256,3 ± 4,5 ^e	174,5 ± 4,0 ^c	87,0 ± 5,6 ^b	373,4 ± 16,6 ^a	1,8 ± 0,3 ^c	1,8 ± 0,1 ^c	5,1 ± 0,7 ^b
Ec4B ³	230,0 ± 12,0 ^e	192,2 ± 4,0 ^b	85,8 ± 4,0 ^b	342,2 ± 21,8 ^a	3,0 ± 0,7 ^c	2,2 ± 0,3 ^c	5,4 ± 0,7 ^b

¹ variedade de com pericarpo vermelho desenvolvido pela Epagri; ² variedades de arroz com pericarpo vermelho de cultivo tradicional na região nordeste coletados pela Embrapa Meio Norte; ³ Ecótipos de arroz com pericarpo vermelho coletados pelo IRGA em lavouras de diferentes regiões do Rio Grande do Sul; Resultados expressos como média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro

Fonte: WALTER, 2009.

2.3 Amora Preta (*Rubus* spp.)

As antocianinas, compostos classificados como flavonoides, são pigmentos solúveis em água que conferem as várias nuances entre laranja, vermelho e azul, exibidas pelas frutas, hortaliças, folhas, flores e raízes. Dentre as antocianinas presentes na amora-preta destacam-se a cianidina-3-O-glucosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo, como as mais representativas. (DAO; TAKEOKA; EDWARDS, 1998). Além de compostos fenólicos, como as antocianinas, outros compostos bioativos como os carotenóides estão presentes em *Rubus* spp, porém em quantidades menos expressivas (MARINOVA; RIBAROVA, 2007).

Antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação. A atividade antioxidante de compostos fenólicos é principalmente devida às suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres (átomos ou moléculas com um ou mais elétrons não pareados).

Tem sido relatado que as substâncias antioxidantes desempenham um papel fundamental na redução de risco de determinadas enfermidades, como doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, inflamações e outras relacionadas à ação de radicais livres em nível celular (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000). Tais moléculas são capazes de doar íons hidrogênio, formando radicais pouco reativos e anulando o potencial inicial dos radicais livres altamente reativos.

Um estudo recente relacionando a capacidade antioxidante com o teor de antocianinas presentes em amora-preta avaliou sua habilidade em sequestrar radicais peróxidos e superóxidos. Os testes foram realizados antes e após o processamento térmico da amora cultivar Apache, demonstrando que o branqueamento e a pasteurização do suco não afetaram a capacidade antioxidante, pois o aumento de antocianinas poliméricas compensou o decréscimo de antocianinas monoméricas após o processamento (HAGER; HOWARD; PRIOR, 2008).

A capacidade antioxidante é interessante também do ponto de vista tecnológico. Compostos fenólicos podem intervir como antioxidantes naturais nos alimentos. A obtenção ou preparo de alimentos com um alto conteúdo desses compostos supõe uma redução da adição de aditivos químicos antioxidantes, resultando em alimentos mais saudáveis, que podem ser incluídos na classe dos alimentos funcionais (MARTÍNEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000).

2.4 Produtos de Conveniência

2.4.1 Mercado de produtos de conveniência

O padrão de consumo brasileiro vem sofrendo transformações ao longo do tempo. O consumidor brasileiro, através de mudanças sócio-econômicas pelas quais tem passado, busca atualmente maior praticidade, comodidade, rapidez, inocuidade e qualidade.

Entre essas mudanças destaca-se, principalmente, o aumento do poder aquisitivo que levou a uma diversificação da cesta de consumo, enquanto que a maior urbanização e acesso à informação propiciaram ao brasileiro defender seus direitos como consumidor e exigir maior qualidade dos produtos. A estabilidade do crescimento populacional gerou núcleos familiares cada vez menores, sem disponibilidade de tempo para preparo de alimentos de forma tradicional; a mulher passou a dividir-se entre trabalho fora de casa e as tarefas domésticas, necessitando de alimentos práticos, saudáveis e de rápido preparo; e os adolescentes e crianças estão entrando cada vez mais cedo no mundo do consumo, devido à falta de tempo

dos pais. Dentre os alimentos que preenchem estes requisitos, destacam-se os congelados, minimamente processados, enlatados, embalados e instantâneos (MAIA, 2003; KRÜCKEN-PEREIRA; ABREU; BOLZAN, 2002).

Pesquisa realizada pela FIESP/Ibope (2010) apontou as tendências no consumo de alimentos e bebidas no Brasil. Para 34% dos consumidores brasileiros das classes A, B e C, especialmente, na região sudeste, a conveniência e a praticidade são os principais atributos avaliados na hora do consumo de produtos. Nesse grupo, a participação dos homens é superior à média da população. Essa tendência é motivada pelo ritmo frenético nos centros urbanos, pelo aumento do número de solteiros e pela diversidade de paladares em um mesmo lar. Esses fatores juntos estimulam o aumento da demanda por produtos convenientes e práticos que facilitam a vida dos consumidores. Para ter uma dimensão da importância dessa tendência, segundo a pesquisa, os alimentos congelados ou semiprontos estão entre os produtos que mais despertam o desejo dos consumidores quando lançados no mercado, respondendo por 21% do interesse.

2.4.2 Sopa instantânea

2.4.2.1 Mercado de sopas instantâneas

O consumo de sopas prontas aumentou 171% entre 1994 e 1997. Em 1997, a produção nacional atingiu mais de 137 milhões de litros, garantindo um faturamento ao setor de US\$137,3 milhões. Para suprir esta demanda, só a Knorr lançou, em 1998, vinte e um novos produtos. Neste ano, o investimento da empresa no desenvolvimento de novas sopas e caldos ultrapassou US\$ 8 milhões (SUPERMIX, 1999; KRÜCKEN-PEREIRA; ABREU; BOLZAN, 2002).

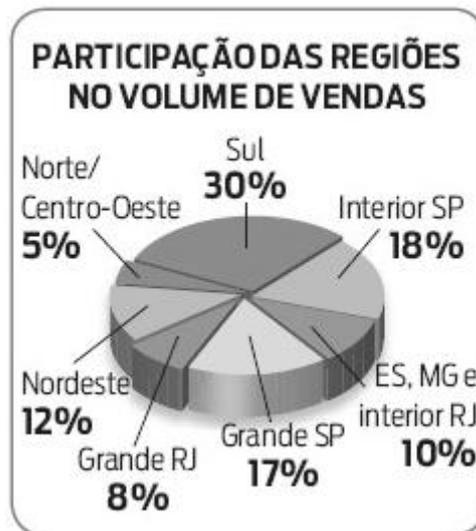
Formada por sopas tradicionais, sopões, cremes e sopas instantâneas, a categoria cresceu em 2006 impulsionada pelo segmento instantâneo. No Brasil, o mercado de sopas prontas é composto por dois tipos de produto: o envelope, que são as sopas que necessitam de cozimento, com rendimento a partir de um litro, e instantânea (individual), que são aquelas que necessitam apenas adicionar água quente, com rendimento de 200 mL ou 1 porção (ABIA, 2006). A praticidade do produto é um dos fatores que influenciam a compra das porções pequenas ou individuais.

De acordo com a ABIA (2006), as sopas têm apresentado um crescimento em torno de 10% ao ano. Pesquisa realizada em 2010 sugere um faturamento de R\$ 200 a 300 milhões no setor de sopas instantâneas, sendo o sopão responsável por 56% das vendas deste tipo de produto (Figura 3) e quando as regiões são analisadas individualmente, a região sul é campeã no consumo de sopas industrializadas apontando uma participação de 30% sobre o volume total (Figura 4). Porém, observa-se que este tipo de produto é bastante consumido nos grandes centros urbanos da região sudeste (grande Rio, grande São Paulo e Espírito Santos, Minas Gerais e interior do Rio de Janeiro), onde totalizam uma participação de 35% sobre o volume total (Figura 4). Já no que se refere ao perfil dos lares nos quais o produto é consumido, o estudo indica presença maior nos domicílios formados por casais e crianças até 6 anos, cuja fatia é de 25% do mercado. O estudo também apresenta dados da empresa Unilever, apontando que sopas instantâneas são consumidas principalmente pelas classes A e B, enquanto a versão sopão é preferida pela classe C. Cremes e sopas claras já aparecem em todos os níveis sociais.



Fonte: Nielsen, 2010.

Figura 3 Distribuição do volume de vendas das versões comerciais de sopas semiprontas



Fonte: Ajinomoto, 2010.

Figura 4 Distribuição das vendas de sopas instantâneas nas regiões brasileiras

Além disso, o perfil dos consumidores é amplo, vai desde jovens a idosos. Segundo Ajinomoto e Unilever, os consumidores ao comprar este tipo de produtos levam em consideração em ordem decrescente de importância as subcategorias (sopão, instantânea/individual, cremosa, etc.), sabor, marca e preço, respectivamente. Já com relação aos atributos sensoriais, os aspectos considerados são variedade, sabor, completa dissolução, textura e ingredientes naturais, respectivamente.

2.5 Análise Sensorial

Segundo o Institute of Food Science and Technology – IFT (1989) a análise sensorial é uma disciplina usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas

características dos alimentos e materiais, como elas são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

Nos últimos anos, a análise sensorial deixou de ser uma atividade secundária e empírica e enquadrou-se na categoria de disciplina científica, capaz de gerar informações precisas e reprodutíveis. Sobre estas informações recaem importantes decisões como seleção da matéria-prima, padronização de métodos e otimização de formulações, para desenvolvimento de produtos, tornando-se assim uma ferramenta básica para aplicação na indústria de alimentos (MEHINAGIC et al., 2003).

Por meio da análise sensorial, as características e propriedades de interesse relativas à qualidade sensorial do alimento são identificadas e adequadamente estudadas, com base em métodos estatísticos de avaliação e interpretação dos resultados do estudo sensorial desse alimento (MINIM, 1996).

Os testes sensoriais são importantes na indústria de alimentos para a garantia da qualidade por serem capazes de identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, de detectar particularidades do produto não medidas por outros meios, além de avaliar a aceitação de um produto (RICHTER, 2006).

O homem apresenta a habilidade natural de avaliar, comparar, diferenciar e quantificar atributos sensoriais. Através de metodologia e tratamento estatístico apropriados, a análise sensorial permite que seja feita uma avaliação verossímil das características de alimentos e bebidas (FERREIRA et al., 2000).

Os métodos sensoriais se baseiam em sensações, que nada mais são do que respostas aos estímulos dos sentidos. As sensações necessitam de medidas e análises psicológicas, entretanto os estímulos podem ser medidos por métodos físicos e químicos (LANZZILLOTTI; LANZZILLOTTI, 1999). Assim, a análise sensorial é capaz de transformar dados subjetivos em informações objetivas.

O desenvolvimento da análise sensorial foi influenciado por mudanças frequentes na tecnologia de produção e distribuição dos alimentos, pois estes alteravam a qualidade sensorial (DELLA MODESTA et al, 1999).

A análise sensorial, no seu modo empírico, data dos primórdios da civilização, quando os alimentos eram classificados em bons e ruins. O primeiro documento registrado refere-se a um tratado sobre aromas, escrito na Grécia, no ano de 300 a.C. (PANGBORN, 1964).

Na civilização moderna, a degustação, como ferramenta de análise sensorial, foi aplicada pela primeira vez na Europa, com o objetivo de controlar a qualidade em cervejarias e destilarias. Mais tarde, outra importante aplicação da análise sensorial foi evidenciada durante a Segunda Guerra Mundial, quando fez-se necessária a elaboração de produtos de qualidade, que não fossem rejeitados pelos soldados americanos. A partir de então, passou-se a considerar a análise sensorial como uma ciência (MONTEIRO, 1984).

No Brasil, a análise sensorial chegou em 1954, como ferramenta para avaliar a qualidade do café. Nesta ocasião, o Laboratório de Degustação do Instituto Agrônomo de Campinas montou o primeiro painel sensorial que se tem notícia no país (MORAES, 1985).

A partir dos anos 70, instituiu-se o conceito de que a qualidade sensorial de um alimento é o resultado da interação entre o alimento e o homem, que varia de forma subjetiva, em função de suas diferenças individuais. Hoje se reconhece que a qualidade sensorial é função tanto dos estímulos procedentes dos alimentos, como das condições fisiológicas, psicológicas e sociológicas dos indivíduos que os avaliam (COSTELL; DURAN, 1981).

Dutcosky (1996) demonstrou o esquema apresentado na Figura 5, dividindo os fatores correlacionados ao alimento, à pessoa e ao ambiente. O alimento possui uma composição química e física particular, que originam características sensoriais percebidas pelo indivíduo, como aparência, gosto, aroma e textura. Os aspectos nutricionais apresentam efeitos fisiológicos após a ingestão, como intolerância a um constituinte específico, alergias, doenças,

que influenciam o processo de seleção de um alimento. As diferenças individuais, como a personalidade, relacionada ao estilo de vida da pessoa, experiências anteriores, o nível de conhecimento, efeitos fisiológicos ou psicológicos após a ingestão, influenciam na escolha do produto. Os fatores externos englobam o contexto social e cultural. A disponibilidade, preço, embalagem, informações e propaganda do produto, e ainda, diferenças de idade, sexo, classe social, região e grau de urbanização são responsáveis pelas diferenças no consumo de alimentos.

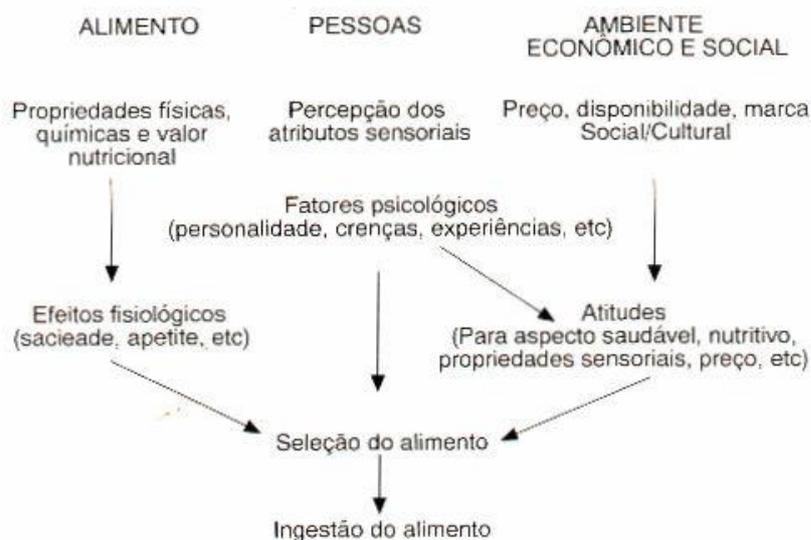


Figura 5 Diagrama demonstrativo dos fatores que influenciam o processo de escolha de um alimento

Fonte: DUTCOSKY, 1996.

No quadro 1 encontram-se, divididos por categorias, alguns dos métodos mais tradicionalmente empregados em análise sensorial (STONE; SIDEL, 1993).

Quadro 1 Categorias de testes e exemplos de métodos utilizados na análise sensorial

Categoria	Tipo de Teste
Discriminativos	Diferença (ex.: triangular, duo-trio, comparação pareada)
Descritivos	Análise Descritiva (ex.: análise descritiva quantitativa, perfil livre)
Afetivos	Aceitação-Preferência (ex.: escala hedônica)

Fonte: STONE; SIDEL, 1993.

Os métodos discriminativos são de fácil interpretação, requerem pouco tempo, são relativamente baratos e estabelecem a diferença qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras (STONE; SIDEL, 2004).

Já os métodos descritivos têm como objetivo caracterizar as propriedades sensoriais dos produtos, utilizando um painel de julgadores previamente selecionados capazes de descrever os atributos sensoriais presentes num dado produto de forma qualitativa e quantitativa (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

Os métodos afetivos utilizam provadores não treinados e são importantes porque expressam a opinião do consumidor, mas necessitam de um grande número de provadores.

2.5.1 Análises descritivas

A análise descritiva é um dos métodos mais abrangentes e flexíveis, capaz de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades sensoriais de um alimento, constituindo-se em uma das mais importantes ferramentas da análise sensorial. Quando utilizada em conjunto com testes de consumidor, fornece importantes informações para introdução e posicionamento estratégico de produtos no mercado (LAWLESS; HEYMANN, 1999), pois permite identificar os atributos do produto que dirigem a preferência do consumidor.

As análises descritivas se distinguem dos outros métodos de análise sensorial justamente porque permitem a definição do perfil sensorial de um produto, descrevendo todas as características sensoriais presentes naquele produto.

Estudos recentes mostram um crescimento acelerado na utilização das análises descritivas, sendo sua principal vantagem permitir uma correlação entre as características sensoriais descritivas, a preferência do consumidor e as medidas instrumentais (MORALES, 1999; MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001; MEHINAGIC et al., 2003).

A análise descritiva avalia os produtos de forma qualitativa e quantitativa através de um grupo de provadores selecionados e têm por objetivo focar na intensidade dos atributos e não na preferência (STONE; SIDEL, 1998).

Existem diversos métodos de análise descritiva, dentre eles: *Flavour Profile Method* (CAIRNCROSS; SJÖSTROM, 1950); *Texture Profile Method* (BRANDT; SKINNER; COLEMAN, 1963); Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (STONE et al., 1974); Perfil Livre (LANGRON, 1983); *the Spectrum™ method* (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991), *Quantitative Flavour Profiling* (STAMPANONI, 1993a,b), além do método mais recente de Análise Descritiva por Ordenação (RICHTER, 2006).

2.5.2 Análise descritiva quantitativa

A análise descritiva quantitativa (ADQ) foi desenvolvida por Stone et al. (1974) e é considerada uma das técnicas sensoriais mais completa e sofisticadas por fornecer uma descrição completa de todas as propriedades sensoriais de um produto levando em consideração todas as sensações percebidas – visual, auditiva, olfativa, quinestésica, etc.. Os resultados da ADQ permitem identificar diferenças ou similaridades entre os produtos analisados, além de relacionar a influência de determinados ingredientes ou variáveis do processamento nos atributos sensoriais dos produtos (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001 ; STONE; SIDEL, 2004).

A ADQ envolve diversas etapas tais como: recrutamento e pré-seleção de provadores, levantamento de atributos sensoriais e desenvolvimento da terminologia, treinamento dos provadores pré-selecionados, avaliação do desempenho dos provadores e seleção final dos provadores, teste sensorial e análise dos resultados (DUTCOSKY, 2011; STONE; SIDEL, 2004).

Quando comparada com outras metodologias descritivas tradicionais, segundo Stone e Sidel (2004), a ADQ apresenta um série de vantagens como: a confiança no julgamento de uma equipe composta por 10-12 provadores treinados, ao invés de alguns poucos especialistas; o desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor; o desenvolvimento consensual da terminologia descritiva a ser utilizada, o que implica em maior concordância de julgamentos entre os provadores; os produtos são analisados com repetições por todos os julgadores em testes à cega e os dados estatisticamente analisados.

Yang; Kim e Chung (2012) utilizaram a ADQ para descrever as características sensoriais de mingaus de arroz branco produzidos com oito diferentes óleos de Perilla (erva da família das mentas). As amostras foram avaliadas por provadores coreanos e chineses. Os provadores coreanos identificaram mais atributos do que os chineses, 59 e 46, respectivamente. Foram identificados atributos de aparência, aroma, sabor e consistência. Fatores culturais relacionados à familiarização com o produto analisado podem ter levado a esta diferença no número de atributos levantados. Os chineses são menos familiarizados com o uso de óleo de Perilla no preparo de mingaus.

Zeppa; Bertolino e Rolle (2012) utilizaram a ADQ para descrever as características sensoriais de polentas obtidas a partir de 12 cultivares de milho durante dois anos. As amostras foram avaliadas por uma equipe de 10 provadores treinados. Primeiramente, foi utilizada uma polenta produzida com milho tradicional para levantar os possíveis descritores sensoriais para polenta. Foram levantados 13 termos, sendo oito para aroma, três para sabor e dois para textura. Estes termos foram validados e utilizados para descrever as características sensoriais das polentas obtidas a partir dos 12 cultivares de milho. Os resultados mostram que todos esses descritores foram apropriados para diferenciar as características sensoriais das amostras, e que os termos obtidos podem ser usados para descrever as polentas obtidas, tanto para a seleção de milho ou para desenvolvimento de novos produtos.

Zhang et al. (2013) avaliaram a influência da temperatura de cozimentos nas características sensoriais de seis amostras de sopa de carpa através da ADQ. A análise foi realizada com 14 provadores treinados que avaliaram as amostras em relação à cor, ao aroma ao sabor e à consistência. Os resultados sensoriais não mostraram nenhuma relação linear entre a intensidade dos atributos avaliados e a temperatura de cocção das sopas. No geral, a sopa cozida a 85°C obteve melhores resultados para os atributos avaliados além de apresentar alto valor nutricional. Os autores concluíram que a ADQ foi efetiva na descrição das características sensoriais das sopas.

Os resultados da ADQ quando combinados com os do teste de aceitação, através de análise multivariada (Análise dos Componentes Principais, Análise de Segmentos, Mapa da Preferência), permite aos fabricantes de alimentos adequarem seus produtos de acordo com as características preferidas pelos consumidores de um dado segmento de mercado ou público-alvo. Desta forma, é possível saber quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou acrescentados a um produto para que este atenda as expectativas do consumidor (STONE; SIDEL, 2004).

2.5.3 Check all that apply

A Análise descritiva quantitativa é uma das técnicas mais amplamente utilizadas na ciência sensorial que permite uma descrição completa das características sensoriais dos alimentos. Porém, considerando os aspectos econômicos e a demora na realização de testes descritivos com equipes treinadas, novas metodologias vêm sendo desenvolvidas para a caracterização sensorial nos últimos dez anos. Estas metodologias são menos demoradas, mais flexíveis e podem ser utilizadas com provadores semi-treinados e com consumidores, fornecendo mapas sensoriais muito semelhantes com os gerados por uma análise descritiva clássica com provadores altamente treinados. Estas novas técnicas são baseadas em abordagens diferentes: métodos baseados na avaliação de atributos individuais (escalas de intensidade, o *check all that apply* ou CATA, perfil *flash*), métodos com base na avaliação de diferenças globais (*sorting*, mapeamento projectivo); métodos baseados na comparação com produtos tidos como referência (posicionamento sensorial polarizado), e com base livre, em

uma avaliação global dos produtos (*Open-ended questions*) (VALENTIN et al., 2012; VARELA; ARES, 2012).

A metodologia *Check All That Apply* (CATA) surgiu da dificuldade dos consumidores em expressar vocabulários pertinentes a um determinado atributo, principalmente aqueles relacionados à textura. Segundo Szczesniak (1979), a textura é um atributo sensorial muito complexo que infere um grande impacto na aceitação de certos produtos por parte dos consumidores. Contudo, uma melhor compreensão da visão do consumidor sobre o atributo textura é fundamental para eliminar diferenças entre as descrições dos produtos realizadas pelos consumidores e pelos provadores treinados.

Piggot; Sheen e Apostolidou (1990) afirmaram que a obtenção de vocabulários diretamente dos consumidores é considerada tediosa e difícil devido à dificuldade dos consumidores em descrever os produtos. No entanto algumas metodologias simples como CATA, *just-about-right* e *intensity questions* foram introduzidas recentemente e podem ser úteis para identificar o vocabulário dos consumidores. Porém, comparando-se as três metodologias, o questionário CATA parece favorecer a compreensão por parte dos consumidores (ADAMS et al., 2010).

O CATA é uma das metodologias mais novas utilizadas para coletar informações sobre a percepção dos consumidores sobre as características sensoriais dos produtos avaliados (ADAMS et al., 2010; . ARES et al., 2010a,b; DOOLEY, LEE; MEULLENET, 2010; PARENTE; ARES; MANZONI, 2010; PARENTE; MANZONI; ARES, 2011).

O questionário CATA tem sido utilizado em estudos de consumo para determinar os atributos sensoriais característicos de um produto específico (ARES et al., 2010a,b; DOOLEY, LEE; MEULLENET, 2010; PARENTE; MANZONI; ARES, 2011), de uma maneira simplificada. O formato da questão CATA permite aos consumidores escolher todos os atributos possíveis a partir de uma lista apresentada para descrever o produto a ser avaliado. De acordo com Dooley, Lee e Meullenet (2010), os termos podem ser gerados por uma equipe de avaliadores treinados, ou por um grupo de consumidores ao testar o produto (por exemplo, em um grupo focal). Difere-se do teste de escalas, pois não são dadas intensidades aos atributos. Além disso, os descritores não são limitados aos atributos sensoriais do produto, mas também pode estar relacionado ao uso do produto ou conceito que se encaixam. Este tipo de metodologia tem a vantagem de reunir informações sobre os atributos do produto percebidas sem a necessidade de escala, permitindo uma descrição um pouco menos artificial das principais propriedades sensoriais do produto (VALENTIN et al., 2012).

O método CATA requer instrução mínima, facilidade de uso e é concluído rapidamente (LANCASTE; FOLEY, 2007; PARENTE; MANZONI; ARES, 2011). Como as respostas CATA estão diretamente ligadas à percepção dos consumidores das características do produto, essas respostas podem ser utilizadas como dados suplementares para maximizar a aceitação dos produtos pelos consumidores.

Alguns pesquisadores já defendem o uso do perfil sensorial do consumidor para liderar o desenvolvimento do produto como uma alternativa ao perfil sensorial clássica (PUNTER, 2008; VALENTIN et al., 2012; WORCH; LÊ; PUNTER, 2008). Uma vez que compreender as características sensoriais no processo de desenvolvimento de novos produtos é de grande importância, como a incapacidade de obter informações corretas sobre os atributos sensoriais podem levar ao desaparecimento rápido dos novos produtos do mercado (STONE; SIDEL, 2007).

Ares et al. (2010a) utilizaram as questões CATA no desenvolvimento de sobremesas lácteas de chocolate formuladas com diferentes concentrações de açúcar e cacau e observaram diferenças altamente significativas nas frequências de utilização dos termos CATA pelos 70 consumidores que participaram do teste, sugerindo que esta metodologia foi capaz de detectar

diferenças na percepção dos consumidores das amostras. Além disso, as avaliações dos consumidores e dos provadores treinados foram semelhantes.

Dooley; Lee; Meullenet (2010) realizaram um estudo para avaliar o uso e a eficiência do questionário CATA para a criação de mapas de preferência e comparar com mapas de preferências gerados a partir da metodologia descritiva *The Spectrum*. Foram avaliadas 10 amostras comerciais de sorvetes de baunilha por 80 consumidores e 17 provadores treinados. Os autores constataram que a caracterização dos produtos foi semelhante para ambos os métodos sensoriais, sugerindo que a metodologia CATA apesar de simples, quando comparada com o uso da escala de intensidade, pode chegar a respostas semelhantes com mais espontaneidade do que quando as amostras são avaliadas pelo grau de intensidade. Porém, estudos futuros devem avaliar os efeitos dos números de termos empregados na elaboração dos questionários.

Lado et al. (2010) estudaram a percepção sensorial de 99 consumidores sobre 06 cultivares de morangos geneticamente modificados através da metodologia sensorial CATA. A técnica foi capaz de evidenciar diferenças nas características sensoriais dos morangos. Além disso, os dados gerados pela avaliação sensorial apresentaram uma correlação significativa com medidas instrumentais de cor, textura, teor de sólidos solúveis e acidez. Com isso, o questionário CATA foi considerado eficaz para obtenção de informações a cerca do produto estudado e ainda se mostrou simples e rápido.

Ares et al. (2011a) utilizaram quatro técnicas – *sorting*, mapeamento projectivo, CATA e teste de escala de intensidade - para avaliar sete amostras de suco de laranja em pó. O estudo foi realizado com 200 consumidores que foram divididos em grupos para cada uma das metodologias estudadas. Além disso, os consumidores foram orientados a avaliar o grau de dificuldade encontrado durante as análises em uma escala hedônica. Os resultados mostraram que as quatro metodologias avaliadas foram capazes de identificar diferenças na percepção dos consumidores sobre as características sensoriais das bebidas, fornecendo informações semelhantes. No entanto, o CATA e o teste de escalas de intensidade foram considerados mais fáceis pelo consumidor. Os autores ressaltaram a importância da realização de novos estudos com outros produtos alimentícios a fim de comparar os resultados com a análise de provadores treinados. Além disso, observaram que é importante avaliar melhor as diferenças individuais de cada provador para cada uma das metodologias avaliadas.

Ares et al. (2011b) avaliaram 07 amostras de suco de laranja em pó utilizando o questionário CATA, o mapeamento projectivo e uma teste de escalas de intensidade com o objetivo de verificar a eficiência destas metodologias na identificação de uma amostra ideal. Com isso, observaram que os três procedimentos descreveram as amostras de forma similar. Porém, ao compararem os resultados destes três métodos com os de um teste de aceitação utilizando uma escala hedônica de 9 pontos, apenas o mapeamento projectivo foi capaz de identificar uma amostra ideal semelhante ao teste de aceitação. Por outro lado, o questionário CATA e o teste de escala de intensidade não apresentaram semelhança com o teste de aceitação. Tal fato pode ser explicado pela utilização de inúmeros termos hedônicos com fortes conotações e que o produto avaliado – suco em pó de laranja- não atende as expectativas de ideal por parte dos consumidores, principalmente no atributo sabor pois não apresentaram sabor natural por questões tecnológicas. Novos estudos devem ser realizados para avaliar a capacidade do CATA e do teste de escala de intensidade em identificar um produto ideal, principalmente em produtos com diferenças sensoriais conhecidas.

Bruzzone; Ares e Giménez (2012), considerando a importância da consistência na aceitação de sobremesas lácteas, avaliaram seis amostras comerciais de sobremesa lácteas nos sabores de chocolate, doce de leite e baunilha utilizando um teste de escala de intensidade, o questionário CATA e um painel com provadores treinados. Para o testes com consumidores foram recrutadas 100 pessoas que foram divididas em dois grupos de 50, um grupo avaliou

cinco atributos textura em 06 amostras comerciais de sobremesa láctea através de uma escala hedônica de 9 pontos e o outro grupo avaliou os mesmos atributos através do questionário CATA. Ao mesmo tempo, 06 amostras comerciais e 02 formuladas com diferentes características de textura foram avaliadas em sete atributos de textura por uma equipe treinada, contendo 09 participantes, através de uma escala não estruturada de 10 cm. O estudo concluiu que ambas as metodologias aplicadas foram capazes de identificar diferenças na textura dos produtos avaliados de forma bastante semelhante. E, além disso, altas correlações foram detectadas entre as avaliações realizadas pelos consumidores e pelos provadores treinados, evidenciando que os consumidores foram capazes de avaliar os atributos de textura de uma forma semelhante aos provadores treinados. Os autores também concluíram que embora o CATA e o teste de escala de intensidade apresentarem resultados semelhantes, o CATA é considerado mais fácil do que o uso de escalas que podem fornecer uma grande variabilidade nos resultados gerados pelos consumidores devido à falta de treinamento.

Todos os trabalhos que utilizaram a metodologia CATA concluíram que o método foi eficaz para descrever e discriminar as amostras estudadas, sendo sua principal vantagem a simplicidade e a rapidez com que as análises são efetuadas. Sua principal limitação, segundo Dolley; Lee e Meullenet (2010), reside no fato de não serem mediadas as intensidades dos atributos determinados. Além disso, a técnica requer um grande número de consumidores.

No entanto, é importante destacar que essas metodologias são baseadas na percepção dos consumidores e que suas conclusões podem não ser tão precisas quanto os dos provadores treinados. Assim, as metodologias de perfis de consumo só poderiam ser consideradas complementares às metodologias de perfis sensoriais com provadores treinados. Porém, podem ser uma alternativa valiosa para reunir informações sobre as características sensoriais dos alimentos para empresas de alimentos que não têm tempo para avaliação de um produto específico com provadores treinados. Nestes casos, o custo e o tempo envolvidos na seleção e treinamento dos avaliadores podem ser maiores do que os necessários para realizar um estudo de consumidor.

Outro fato que deve ser observado é a escolha dos termos que irão fazer parte do questionário CATA. Hughson e Boakes (2002) mostraram que o fornecimento de uma lista curta, em vez de uma lista maior, para descrever um conjunto de vinhos, levou a descrições mais eficientes.

Ares e Jaeger (2013) estudaram a influência da ordem de apresentação dos atributos no questionário CATA. Os resultados sugeriram que a ordem de apresentação dos termos no questionário CATA pode influenciar a caracterização de um produto. Os autores observaram uma frequência maior dos atributos que se encontravam no topo da lista. Verificou-se, também, que uma ordem aleatória de atributos sensoriais num questionário CATA reduziu a frequência total de uso dos termos, quando comparados com os atributos agrupados com termos semelhantes. Algumas evidências sugeriram a importância de dispor os atributos na lista na ordem em que os mesmos serão percebidos, isto facilita a avaliação por parte dos consumidores. Este estudo pode ajudar a informar as melhores práticas na concepção dos questionários CATA a fim de obter uma melhor caracterização sensorial do produto.

2.5.4 Teste de aceitação

A aceitação ou rejeição de um alimento depende de suas propriedades sensoriais. Nesse tipo de avaliação, podem ser medidos, tanto fatores intrínsecos (como a aparência, aroma, sabor, consistência, investigados neste trabalho), como fatores extrínsecos (como embalagem, informações no rótulo, etc.) (HERNANDES et al., 2007).

Os testes afetivos têm como objetivo medir atitudes subjetivas como aceitação ou preferência de produtos, de forma individual ou em relação a outros. No entanto, nem sempre um produto que é preferido em relação a outro é o mais consumido, já que a aceitação é pré dependente de fatores tais como preço, qualidade nutricional, disponibilidade e propaganda (BARBOZA, 2002; CHAVES; SPROESSER, 1996;). Nas indústrias de alimentos esses testes são utilizados no desenvolvimento de novos produtos, melhoria de produtos, alterações de processos de produção e alterações da formulação de produtos (CARNEIRO; MINIM, 2006).

Os testes afetivos avaliam a opinião do consumidor de acordo com a sua preferência e/ou aceitação de um produto (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2003). O teste de aceitação e de intenção de compra expressa a opinião do consumidor sobre características específicas do produto. Nestes testes, é utilizada a escala hedônica (verbal, numérica e bipolar) e escala de atitude (verbal e bipolar), respectivamente (ABNT, 1998). A escala hedônica é facilmente compreendida pelos provadores, sendo utilizada por muitas empresas que objetivam resultados válidos e confiáveis. Neste teste, o consumidor expressa sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala que varie gradativamente o seu grau de “gostar” ou “desgostar”. Pode-se avaliar somente a aceitação global ou também avaliar atributos do produto como, por exemplo, cor e textura (REIS; MINIM, 2006). A escala mais usada nos métodos afetivos é a escala hedônica de nove pontos, desenvolvida por Peryam e Pilgrim em 1957, devido à confiabilidade de seus resultados e à facilidade de utilização pelos provadores. É uma escala de categorias em que a dimensão gosto/desgosto é dividida em nove categorias, indo de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente”, com uma categoria neutra, “nem gosto nem desgosto”. As respostas são diretas e de magnitude hedônica, isto é, relacionadas ao “gostar”, uma vez que o indivíduo baseia sua escolha nas suas próprias sensações em relação ao produto (JAEGER; CARDELLO, 2009).

Como a determinação da aceitação pelo consumidor é parte crucial no processo de desenvolvimento ou melhoramento de produtos, os testes afetivos requerem equipe com grande número de participantes e que representem a população de consumidores atuais e/ou potenciais do produto (CHAVES; SPROSSER, 2001). Para a adequada utilização do teste de aceitação, os participantes devem ser consumidores habituais ou potenciais do produto em que se pretende avaliar. No entanto, o número de consumidores recomendados para os testes varia entre alguns autores. Para Chambers e Baker Wolf (1996) a utilização de 100 pessoas em testes afetivos é um número considerado adequado nos testes de aceitação. Moskowitz (1997) em um estudo de caso concluiu que entre 40 e 50 consumidores seriam suficientes para estabelecer a aceitabilidade média. Já Stone e Sidel (2004) recomendam um total de 50 a 100 pessoas. Estudos mais recentes realizados por Hough et al. (2006) sugeriram o uso de, no mínimo, 112 consumidores para realização de testes afetivos. Esse resultado foi obtido através de estimativas que consideraram os erros médios de 108 experimentos.

Segundo Guerrero (1999), no estudo de consumidores devem ser considerados os seguintes aspectos: a representatividade dos consumidores, as características dos testes (como: complexidade, número de questões, formulação da pergunta e confiabilidade do teste), a apresentação das amostras (número de amostra a avaliar, codificação e informação sobre ela) e os erros não controláveis como atitude do consumidor frente ao questionário.

Outra escala usada em testes afetivos é a “escala relativa ao ideal”, geralmente usada no desenvolvimento e na otimização de produtos. O seu uso consiste em perguntar ao consumidor se o produto é ideal, “fraco” / “pouco” ou “forte” / “muito” em relação a um determinado atributo. Na avaliação de sucos, por exemplo, o consumidor pode ser solicitado a avaliar os protótipos em relação à doçura, acidez, diluição (entre outras características), e indicar em que ponto da escala se encontra cada uma das amostras. Baseado na resposta dos consumidores, a indústria de sucos pode ajustar a formulação na tentativa de aumentar a sua aceitabilidade (POPPER; KROLL, 2005).

De acordo Meilgaard; Civille; Carr (1999), a utilização da “escala relativa ao ideal” geralmente visa atender quatro objetivos principais: verificação do posicionamento do produto no mercado; otimização da formulação do produto; desenvolvimento de novos produtos e avaliação do potencial de mercado.

Considerando que o teste de aceitação utilizando escala hedônica pode medir, com certa segurança, o grau de gostar e a aceitação de um produto, é possível obter, por meio dos resultados desses testes, uma indicação do produto ou produtos que terão melhor desempenho, com a possibilidade de alcançarem sucesso no mercado.

Vários estudos sobre as preferências dos consumidores usam as ferramentas clássicas para a análise estatística dos dados e, em primeira instância, a ANOVA (CORDELLE; LANGE; SCHLICH; 2004; DELARUE; LOESCHER, 2004). Por outro lado, diversas técnicas multivariadas de análise estatística, como Análise de Componentes Principais (ACP) e Mapa Externo da preferência (MEP) vêm sendo muito utilizadas (GEEL; KINNER; DE KOCK, 2005; WESTAD; HERSLETH; LEA, 2004) apresentando a vantagem de não considerar a média, mas a aceitação individual de cada consumidor.

2.5.5 Mapa de preferência

Os resultados de testes afetivos normalmente são avaliados através da ANOVA e testes de comparação de médias, comparando-se a aceitação média entre produtos.

A ANOVA configura-se como uma avaliação global que segundo Polignano; Drumond e Cheng (1999), ao considerar conjuntamente as avaliações de todos os consumidores, assume que todos os consumidores apresentam o mesmo comportamento, desconsiderando suas individualidades. Citam ainda que os dados podem não estar sendo bem visualizados, a ponto de se perder informações interessantes sobre diferentes segmentos de mercado. A técnica de Mapa de Preferência pode solucionar este problema e também permitir a associação da impressão que os consumidores têm de um produto com suas características sensoriais.

O Mapa de Preferência tem sido largamente utilizado por cientistas da área de análise sensorial (BEHRENS; SILVA; WAKELING, 1999).

A técnica de Mapa de Preferência utiliza análise estatística multivariada para obter, num espaço multidimensional, uma representação gráfica das diferenças de aceitação entre produtos, identificando o indivíduo e suas preferências (ELMORE et al., 1999; SCHLICH; MCEWAN, 1992). Ela permite, ainda, identificar as amostras mais aceitas pela maioria da população do estudo e, ao considerar a individualidade de cada provador, caracterizar grupos com diferentes preferências e padrões de consumo. Os consumidores são representados por vetores obtidos através de regressões polinomiais que indicam direções de preferência, possibilitando a identificação dos produtos preferidos pela maioria ou grupos específicos de uma dada população. Trata-se de uma adaptação da Análise dos Componentes Principais (ACP) e da Análise de Regressão Polinomial dos dados obtidos utilizando a escala hedônica (SCHLICH; McEWAN, 1992).

Os Mapas podem ser divididos em duas categorias: interno, quando se constrói o espaço vetorial sobre dados de aceitação/preferência gerados a partir de testes afetivos, e externo, onde o espaço vetorial é construído com dados de análise descritiva ou outras caracterizações físico-químicas e, depois correlacionado com dados de aceitação (LAWLESS; HEYMANN, 1998; MACFIE; THOMSON, 1988).

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais

3.1.1 Obtenção das matérias-primas e insumos

3.1.1.1 Arroz vermelho integral

O arroz vermelho integral (*Oryza sativa*, L.) utilizado no experimento foi produzido e enviado à Embrapa Agroindústria de Alimentos pela Embrapa Meio Norte (Teresina/PI) em sacos de 10 kg e mantido sob refrigeração até o processo de moagem.

3.1.1.2 Resíduo do despulpamento de amora

O resíduo do despulpamento foi proveniente de amoras de pomares do Estado do Rio de Janeiro. A matéria-prima utilizada foi a amora-preta da variedade Tupi congelada. Os frutos de amora foram submetidos às etapas usuais do processamento de polpas e sucos: seleção, lavagem por aspersão e despulpamento (realizado em despulpadeira horizontal com uma peneira de 0,6 mm de diâmetro).

O resíduo do despulpamento foi utilizado na formulação dos produtos de conveniência, visando seu enriquecimento em antocianinas. Este resíduo foi seco em estufa à 60°C por 24 h e posteriormente separado das sementes em uma despulpadeira horizontal utilizando uma peneira de 1 mm.

3.2 Métodos

3.2.1 Produção da farinha de arroz vermelho integral

Os grãos de arroz vermelho integral foram retirados das embalagens e moídos em moinho de disco no nível 2 (Pertten, Hägersten Suécia), obtendo-se a farinha de arroz vermelho integral.

3.2.2 Acondicionamento das farinhas de arroz vermelho integral

As matérias-primas foram acondicionadas em diferentes níveis de umidade, conforme o delineamento experimental (Tabela 4) para produção das farinhas extrudadas.

Os teores de umidade inicial das farinhas foram determinados em balança digital de determinação de umidade por infravermelho, modelo MOC – 1204 (Shimadzu, Japão).

Após a determinação da umidade das farinhas, para estabelecer a quantidade de água a ser adicionada às amostras foi utilizada a equação 1, a fim de se alcançar os níveis de umidade estabelecidos para cada condição.

$$\text{Volume de água a adicionar} = ((U_f - U_i)/(100 - U_f)) \times Pa \quad (1)$$

Onde:

U_f = umidade final da amostra (%);
 U_i = umidade inicial da amostra (%);
 Pa = peso da amostra (g).

A água potável foi adicionada lentamente às farinhas, seguido da homogeneização. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos individuais e armazenadas sob refrigeração durante 24 h, para se obter distribuição e absorção mais uniforme da água. Após este período, as farinhas foram submetidas ao processo de extrusão.

3.2.3 Produção das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

Para analisar o efeito combinado das variáveis umidade e temperatura nas características tecnológicas das farinhas, estabeleceu-se um experimento estatisticamente delineado em metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem (BOX, HUNTER e HUNTER, 1978). Os parâmetros do processo estabelecidos como variáveis independentes foram estudados em três níveis codificados em (-1, 0, +1) calculados de acordo com a equação 2:

$$x_i = \left(\frac{x_i - Z}{\Delta x_i} \right) \quad (2)$$

Onde:

x_i = valor codificado da variável X_i ;
 X_i = valor real da variável;
 Z = valor real da variável no ponto central;
 Δx_i = valor do intervalo de variação do x_i ;

Esse delineamento também apresentou dois níveis de variáveis axiais, que foram codificados como $-\alpha$ e $+\alpha$. O valor de α é em função do número de variáveis independentes ($k = 2$), no caso deste experimento, sendo definido conforme a equação 3:

$$\alpha = (2^k)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = 1,41 \quad (3)$$

A escolha do número de ensaios em um experimento central composto baseado em um experimento fatorial completo é $n = 2^k + 2k + m$, onde:

2^k = número de pontos fatoriais;
 $2k$ = número de pontos axiais;
 m = número de repetições do ponto central.

Para análise de resultados experimentais, a metodologia descreve o comportamento de um sistema no qual estão combinadas as variáveis independentes (X_k), a variável dependente ou resposta (Y_i). A resposta é uma função dos níveis nos quais estes fatores serão combinados e definidos por Box e Draper (1967) como se segue na equação 4:

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (4)$$

Através de uma análise de regressão, pode ser ajustado para cada resposta (Y) um polinômio de segunda ordem como as variáveis explicativas (X_k). A expressão geral utilizada para prever o comportamento de cada resposta avaliada pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon \quad (5)$$

Onde:

Y_i = função resposta;

X₁, X₂, X₃ = valores das variáveis independentes;

β₀ = coeficiente relativo à interpretação do plano com o eixo resposta;

β₁, β₂, β₃ = coeficientes lineares estimados pelo método dos mínimos quadrados;

β₁₁, β₂₃, β₃₃ = coeficientes das variáveis quadráticas;

β₁₂, β₁₃, β₂₃ = coeficientes de interação entre as variáveis independentes;

ε = erro experimental.

Foram consideradas as variáveis independentes: temperatura de processamento (°C) e umidade da farinha (%) no processamento.

Os níveis codificados e valores reais estão apresentados na Tabela 3 e o delineamento completo na Tabela 4. Os valores máximos e mínimos de cada variável independente foram estabelecidos dentro das possibilidades operacionais do processo de extrusão e com base em estudos anteriores.

O ajuste dos dados experimentais ao modelo utilizado foi testado pela análise de variância (ANOVA) a partir do uso do teste de distribuição F a 5 % de probabilidade segundo o qual, um modelo de regressão é significativo quando o valor do teste F calculado é maior ou igual ao do teste F tabelado e, quanto maior o valor de F calculado, mais preditivo é o modelo (BOX; WETZ, 1973).

O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados com auxílio do programa computacional *Statistica* (Tulsa, EUA), versão 6.0, com as variáveis independentes codificadas.

Os gráficos de superfície de resposta foram desenhados, com auxílio do programa *Statistica*, versão 6.0, por meio do modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis, mantendo-se a resposta em função do eixo Z, com eixos X e Y representando as variáveis independentes, ao mesmo tempo em que as demais variáveis foram mantidas constantes no ponto central (correspondente ao nível codificado 0).

Para a análise de regressão do modelo quadrático de variáveis independentes, foi utilizada a equação 6 para a elaboração dos gráficos bidimensionais.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_n^n (X - Z / \Delta x_i + \varepsilon) \quad (6)$$

Onde:

Y_i = função resposta;

β₀ = coeficiente relativo à interpretação do plano com o eixo resposta;

β_nⁿ = coeficiente linear, quadrático ou de interação, estimado pelo método dos mínimos quadrados;

X = valor decodificado da variável;

Z = valor real da variável no ponto central;

x_i = valor de intervalo de variação absoluto entre o ponto central e ± 1 ;

ε = erro experimental.

Tabela 3 Níveis das variáveis independentes estudadas no processo de extrusão

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha = 1,414$	-1	0	+1	$+\alpha = 1,414$
X_1	65,0	75,0	100,0	125,0	135,0
X_2	16,3	18,0	22,0	26,0	27,7

X_1 = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

X_2 = Umidade da mistura no processamento (%).

Tabela 4 Delineamento completo do desenho experimental

Tratamentos	Níveis Codificados das Variáveis		Níveis Reais das Variáveis	
	x_1	x_2	X_1	X_2
1	-1	-1	75,0	18,0
2	-1	+1	75,0	26,0
3	+1	-1	125,0	18,0
4	+1	+1	125,0	26,0
5	-1,414	0	65,0	22,0
6	+1,414	0	135,0	22,0
7	0	-1,414	100,0	16,0
8	0	+1,414	100,0	28,0
9 (C)	0	0	100,0	22,0
10 (C)	0	0	100,0	22,0
11 (C)	0	0	100,0	22,0
12 (C)	0	0	100,0	22,0
13 (C)	0	0	100,0	22,0

x_1 e X_1 = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

x_2 e X_2 = Umidade da mistura no processamento (%).

(C) = Ponto central

Para as variáveis respostas que não geraram modelo preditivo e nem tendência, isto é, quando o valor do coeficiente de regressão (R^2) apresentou-se inferior a 0,70, os resultados foram discutidos através de comparação de médias analisadas pelo teste de Tukey (GOMES, 2000), utilizando o programa *Xlstat*, versão 7.5.

3.2.4 Processo de extrusão termoplástica

As farinhas extrudadas foram elaboradas na Planta Piloto de Extrusão Termoplástica da Embrapa Agroindústria de Alimentos no Rio de Janeiro.

Para a elaboração dos extrudados foi utilizado um extrusor (Brabenser, Duisburg, Alemanha) modelo 19/20DN, de parafuso único acoplado a um reômetro de torque modelo DCE 330 (Brabender, Duisburg, Alemanha). O extrusor possui três zonas de aquecimento no cilindro, controladas por termostato e um registrador de pressão na saída da matriz (Figura 6).

Neste experimento foram mantidos constantes os parâmetros: velocidade de rotação do parafuso: 160 rpm, taxa de compressão do parafuso: 2:1, taxa de alimentação: 2,5 kg/h, matriz

circular de 3 mm de diâmetro e as temperaturas de aquecimento das zonas de alimentação: 60°C e transição: 100°C.



Figura 6 Extrusor monorosca, marca Brabender, modelo DSE 20 DN (Duisburg, Alemanha)

A extrusão de cada amostra foi iniciada após as três zonas do parafuso (alimentação, transição e alta pressão) alcançarem as temperaturas desejadas. A temperatura da zona 1 foi mantida fixa em 60 °C e a zona 2 teve sua temperatura mantida durante todo o processo de extrusão em 100 °C, enquanto a temperatura da zona 3 variou conforme o delineamento experimental (Tabela 4).

Logo após a extrusão, os produtos expandidos foram colocados em bandejas e encaminhados para secagem em estufa a temperatura de 60 °C/18 h.

Após o processo de secagem, as amostras foram moídas em um moinho de disco no nível 2 (Perten, Hägersten Suécia) e posteriormente em um moinho de facas martelo equipado com peneira com abertura de 1 mm da marca TREU (Rio de Janeiro, Brasil). Por fim, as farinhas foram acondicionadas em sacos plásticos, lacradas, identificadas e armazenadas sob refrigeração para posterior utilização.

A figura 7 mostra o fluxograma de obtenção das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.

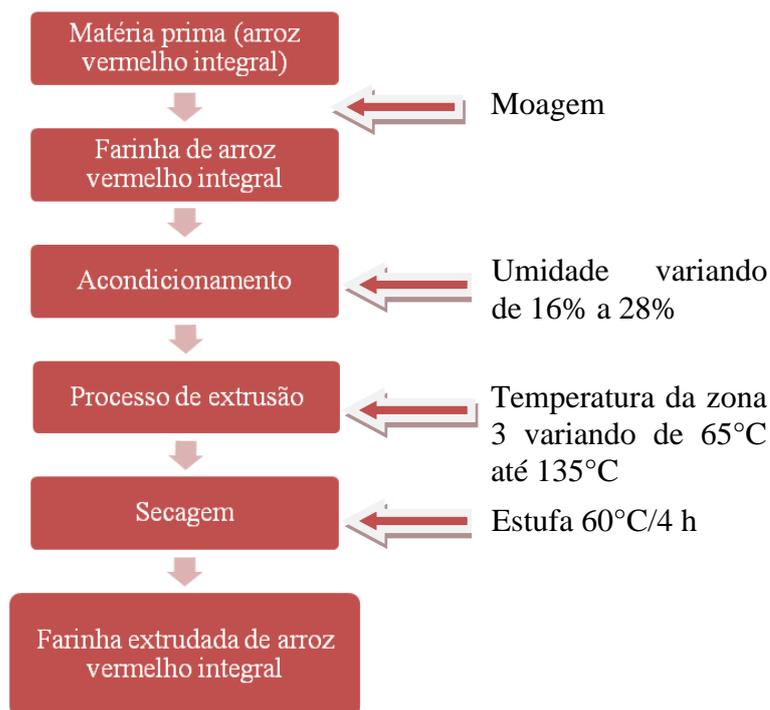


Figura 7 Fluxograma de obtenção da farinha extrudada de arroz vermelho integral

3.2.5 Caracterização física da matéria prima e das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

3.2.5.1 Índice de expansão radial

O índice de expansão radial (IER) foi determinado nos materiais expandidos (após a extrusão e antes da secagem), sendo utilizadas 06 diferentes secções de cada amostra e foi calculado pela relação entre o diâmetro da amostra e o diâmetro da matriz, conforme a metodologia proposta por Alvarez-Martinez; Koundury e Harper. (1988). A equação 7 para o cálculo do IER é:

$$\text{Índice de Expansão Radial (IER)} = [D/D_0]^2 \quad (7)$$

Onde:

D = diâmetro da amostra;

D₀ = o diâmetro da matriz da extrusora.

3.2.5.2 Densidade aparente

A densidade aparente dos extrudados expandidos foi medida seguindo a metodologia descrita por Fan; Michell e Blanshard (1996), através da equação 8:

$$\rho_e = \frac{4m}{\pi D^2 L} \quad (8)$$

Onde:

ρ_e = densidade aparente do extrudado;

m = massa do extrudado (g);

L = comprimento do extrudado (cm);

D = diâmetro do extrudado (cm).

Foram realizadas seis replicatas utilizando as mesmas amostras usadas na determinação do índice de expansão radial.

3.2.5.3 Análise de cor

A análise de cor da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas em pó (Tabela 4) foi realizada por reflectância no aparelho Color Quest XE (Hunter Lab, Reston, EUA) utilizando escala CIELAB e CIELABh, com abertura de 0.375 mm de diâmetro, com iluminante D65/10. As amostras foram dispostas em cubeta de quartzo de 10 mm e foram realizadas seis repetições para cada amostra.

Os parâmetros de cor medidos foram:

- L^* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco);
- a^* (-80 até zero = verde, do zero ao + 100 = vermelho);
- b^* (-100 até zero = azul, do zero até + 70 = amarelo);
- C^* Chroma = $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ em um sistema de coordenadas polares;
- h° ângulo hue = $\text{artang}(b^*/a^*)$ em um sistema de coordenadas polares.

3.2.6 Caracterização tecnológica funcional da matéria-prima, das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral e das sopas instantâneas

3.2.6.1 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

As determinações dos índices de absorção de água e solubilidade em água foram realizadas segundo o método descrito por Anderson et al. (1969) modificado, em quadruplicata.

Para realização destas análises, foi pesado aproximadamente 1 g de cada amostra em tubos de centrífugas previamente secos e tarados. Todas as amostras analisadas estavam com granulometria entre 106 e 212 μm

Foram adicionados 5 mL de água destilada e, em seguida, o material foi homogeneizado. Por fim, mais 5 mL de água destilada foram adicionados. Logo após, a fim de garantir a homogeneização perfeita do material, foi realizada a agitação mecânica dos tubos em um agitador tipo Vortex. Após a homogeneização, os tubos permaneceram em banho-maria por 30 min.

Posteriormente, os tubos foram centrifugados por 15 minutos sob rotação de 5000 rpm em centrífuga modelo Universal 320R (Hettich, Alemanha).

O líquido sobrenadante obtido após a centrifugação foi vertido cuidadosamente sobre uma placa de Petri previamente tarada, e transferido para uma estufa com circulação de ar a 105°C/4 h. Depois, as placas foram transferidas para um dessecador por 30 min para resfriar e atingir a temperatura ambiente e, em seguida, foram pesadas.

O cálculo do índice de solubilidade em água foi obtido através da equação 9:

$$ISA = \frac{P_E}{P_A} \quad (9)$$

Onde:

P_E = Peso do resíduo da evaporação (g);

P_A = Peso da amostra seca (g).

Logo após a retirada do líquido sobrenadante, os tubos foram pesados e assim, juntamente com o peso da amostra e o peso do resíduo que se solubilizou na água destilada, foi encontrado o IAA do material extrudado.

O cálculo para este índice foi realizado de acordo com a equação adaptada por Hashimoto e Grossmann (2003), como mostrado na equação 10.

$$IAA = \frac{P_R}{P_A} \quad (10)$$

Onde:

P_C = Peso do resíduo da centrifugação (g);

P_A = Peso da amostra seca (g).

3.2.6.2 Propriedades viscoamilográficas

A viscosidade de pasta das amostras foi determinada com o uso do analisador rápido de viscosidade (*Rapid Visco Analyser – RVA*), série 4 (*Newport Scientific*, Warriewood, Austrália) provido do software *Thermocline for Windows*, utilizando-se a sua metodologia para materiais extrudados. As análises das farinhas extrudadas foram realizadas em duplicata, para cada tratamento pela Embrapa Arroz e Feijão. Já as análises da matéria-prima e das sopas instantâneas foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos, também, em duplicata.

Foi utilizada a fração retida entre as peneiras 212 μm e 106 μm das farinhas extrudadas (Tabela 4) nesta análise, pois segundo Becker, Hill e Mitchell (2001) a diferença do tamanho de partículas entre as amostras pode ocasionar má interpretação dos resultados obtidos.

Foram utilizadas 3 g em 25 mL de farinha extrudada, com umidade corrigida para 14 %, em base úmida.

As amostras foram analisadas de acordo com o seguinte regime de tempo/temperatura: manutenção inicial do sistema a 25 °C durante 2 min. O aquecimento ocorreu em seguida e aos 7 min. a temperatura máxima foi atingida (95°C), onde permaneceu por 3 min. Logo após, o resfriamento foi iniciado até a temperatura de 25°C a uma taxa de 13°C/min, totalizando quinze minutos de análise.

Para interpretação dos amilogramas foram utilizados os seguintes parâmetros, como mostrado na Figura 8:

- a) Viscosidade inicial ou viscosidade a frio (VInicial): é o valor da viscosidade em cP (Centipoise), na temperatura de 25°C, no início do ciclo de aquecimento;
- b) Viscosidade máxima (VMáxima): é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento, expresso em cP;

- c) Viscosidade mínima após o ciclo de aquecimento a 95°C (VMínima);
- d) Quebra de viscosidade (QV) ou “Breakdown”: é a diferença entre a viscosidade máxima e mínima durante a manutenção a 95°C;
- e) Viscosidade final no ciclo de resfriamento (VFinal): é o valor da viscosidade em cP, ao final da análise (a 25°C);
- f) Tendência à retrogradação (TR) ou “Setback”: é a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade durante a manutenção à 95°C.

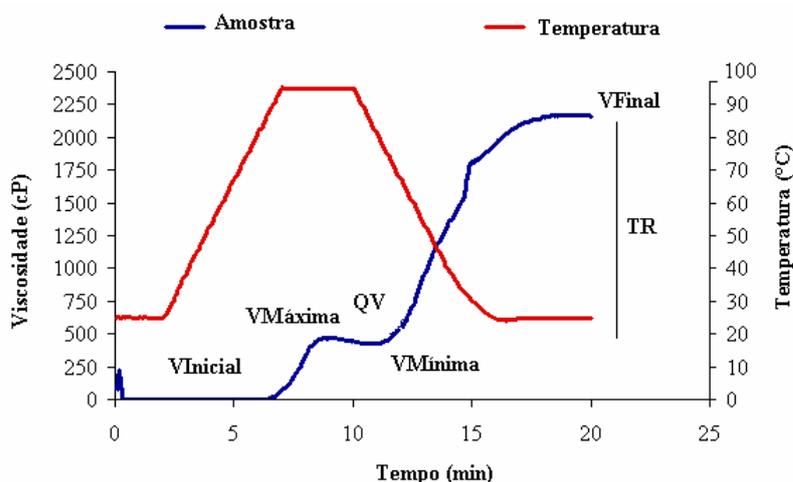


Figura 8 Parâmetros avaliados na curva viscoamilográfica das farinhas extrudadas de arroz vermelho

3.2.6.3 Difração em raio X

A análise de difração em raio X foi realizada apenas na matéria-prima e nas farinhas extrudadas (Tabela 4), segundo Wu et al. (2010b) no equipamento Bruker D2 Advance (Bruker AXS, Alemanha), operando com radiação Cu (comprimento de onda de 1,506 Å) a um tempo de varredura de 1 s, um passo de 0,02, sendo alimentado com voltagem de 30 kV e corrente elétrica de 10 mA. Cada material foi colocado em um porta-amostra de acrílico (aproximadamente 1 g) e a região de varredura do ângulo de difração foi de 2-32θ.

As análises foram realizadas no Laboratório de Cereais da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ.

3.2.6.4 Densidade por picnometria

Para a avaliação da densidade absoluta e do volume total de poros da matéria-prima e das farinhas extrudadas (Tabela 4), foi utilizado um picnômetro a gás Accu Pyc II – 1340 V1.02 (Micromeritics, Austrália). O gás hélio foi utilizado durante as análises, totalizando, para cada amostra, 10 purgas, a uma temperatura constante de 24°C, com taxa de equilíbrio de 0,005 psig/min, com um valor máximo atingido em cada purga de até 19 psig. As análises foram realizadas no Laboratório de Cereais da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ.

O picnômetro de gás determina o volume verdadeiro de um sólido, mesmo que poroso, por variação da pressão de gás numa câmara de volume conhecido (WEBB; ORR, 1997). Normalmente utiliza-se hélio porque este gás, além de inerte, penetra facilmente nos poros

(acessíveis) da amostra, devido ao pequeno tamanho dos seus átomos, permitindo, assim, determinar o volume do sólido com mais rigor.

O picnômetro de hélio é constituído por duas câmaras de volumes conhecidos (por calibração prévia): a câmara onde se coloca a amostra e a câmara de expansão, ligadas por uma válvula (válvula de expansão). Antes de iniciar a análise propriamente dita, a amostra, colocada na respectiva câmara, é sujeita a um processo de degaseificação que consiste em repetidas purgas com hélio, para remoção de impurezas e umidade que eventualmente possam estar presente nas amostras (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

Depois de todo o sistema chegar à pressão atmosférica, isola-se a câmara de expansão, fechando a válvula de expansão e pressuriza-se a câmara que contém a amostra até uma pressão P_1 (cerca de 19 psig). Seguidamente, a válvula de expansão é aberta e, em consequência, ocorre um abaixamento de pressão para P_2 . Admitindo comportamento ideal do hélio, o volume do sólido pode ser calculado a partir da equação 11 (SMITH, 1996):

$$P_1(V_a - V_s) = P_2(V_e - V_s + V_e) \quad (11)$$

Onde:

$$V_s = V_a - \frac{V_e}{\frac{P_1}{P_2} - 1} \quad (12)$$

Em que:

V_a = volume da câmara da amostra;
 V_e = volume da câmara de expansão;
 V_s = volume do sólido.

A massa volumétrica é automaticamente calculada pelo aparelho, através da relação entre a massa do sólido (introduzida como dado de entrada) e o volume derivado da equação. 12.

A principal vantagem deste método reside na sua capacidade para medir apenas o volume da substância lenhosa, ou seja, descontar ao volume total da amostra todos os poros (a menos que estes sejam fechados ou inacessíveis ao gás). Por outro lado, permite, ainda, em princípio, medir volumes de sólidos com qualquer teor de umidade. Como desvantagem, aponta-se o fato de as dimensões da amostra serem limitadas pelo reduzido tamanho do porta-amostras, cuja capacidade máxima é de 10 cm³ (MOUA; FIGUEIREDO, 2002).

3.2.6.5 Análise de varredura dinâmica oscilatória

A análise de varredura oscilatória foi realizada apenas nas cinco farinhas extrudadas selecionadas para servirem de base para formulação das sopas em pó e permitiu caracterizá-las de acordo com o seu comportamento reológico.

O teste de varredura dinâmica oscilatória foi realizado segundo Wu et al. (2010a) no aparelho *Haake Mars – Modular Advanced Rheometer System (Thermo Scientific, Karlsruhe-Alemanha)* no Laboratório de Cereais da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Utilizou-se a geometria de medição placa-placa com 35 mm de diâmetro, com auxílio da campândola, para reduzir a perda de umidade. As análises foram conduzidas na região de viscoelasticidade linear determinada pela varredura de amplitude em uma faixa de tensão de 0,1 a 200 Pa, em uma frequência constante de 1Hz, todas as análises foram realizadas a temperatura ambiente

de 25°C. As pastas foram preparadas em uma proporção de 5mL de água destilada à temperatura ambiente para 1 g de amostra. Os béqueres contendo as amostras ficaram em repouso por 1h antes da realização da análise cobertos com parafilm para minimizar alterações de umidade durante o repouso.

A curva de viscosidade em função da taxa de cisalhamento foi realizada através de uma rampa crescente de taxa de cisalhamento em uma faixa de 0 a 50 s⁻¹, por 3 min.

O teste de fluência e recuperação foi realizado com o objetivo de obter o percentual de elasticidade do material. Utilizou-se uma tensão de cisalhamento de 5 Pa a 25 ° C. A variação da tensão de cisalhamento em resposta à tensão aplicada foi medida durante um período de 2 min., a tensão foi então zerada, e novos dados foram coletados por mais 2 min.

Todas as análises foram realizadas em duplicata.

3.2.7 Formulação das sopas em pó

A partir dos treze tratamentos realizados (Tabela 4) foram escolhidas cinco farinhas extrudadas com propriedades viscoelásticas diferentes para servirem de base para a formulação das sopas em pó. As farinhas foram definidas através dos resultados da análise de viscosidade de pasta (RVA).

Para definição de uma formulação de sopa em pó, uma busca bibliográfica e de patente foi realizada no Google patente. Uma formulação inicial foi desenvolvida a partir das patentes encontradas - *Dry soup mix* (US0052322732A) e *Soups and pasta dishes* (US2004/0151806 A1).

O protótipo da formulação de sopa em pó foi avaliado quanto à aparência, aroma, sabor e consistência por uma equipe de provadores selecionados, utilizando-se a farinha extrudada de arroz vermelho obtida com melhor desempenho tecnológico (análises de solubilidade e RVA). Para isto, foram realizados testes de caracterização das sopas em pó comparando as amostras formuladas com uma sopa em pó comercial, em 15 sessões abertas, até a obtenção de uma formulação final (Tabela 5).

No teste de caracterização, as amostras foram servidas em copos de isopor descartáveis de 70 mL, codificados com números de três algarismos e servidas à temperatura de aproximadamente 68° C. A ficha utilizada está apresentada no ANEXO A.

Tabela 5 Formulação das sopas em pó

INGREDIENTES	FORNECEDOR	CONCENTRAÇÃO (%)
Farinha extrudada	-----	52,10
Goma arábica	Gastronomy Lab	9,90
Concentrado proteico de soro de leite WPC 34	Alibra Ingredientes	8,00
Gordura vegetal em pó	Tangará Foods	8,00
Cebola desidratada DDP em pó	Duas Rodas	5,00
Maltodextrina Globe A1910	Corn Products Brasil	5,00
Cloreto de sódio	Refinaria Nacional de Sal	4,00
Glutamato monossódico	Ajinomoto do Brasil	3,00
Cebola desidratada	Avallon Produtos Finos	2,00
Sacarose	Docelar Alimentos e Bebidas	1,00
Carboximetilcelulose	Proquímios	0,75
Aroma natural de alho em pó	Duas Rodas	0,55
Goma guar	Master Sense	0,20
Pimenta do reino preta em pó	Apinajé	0,15
Salsa desidratada	Avallon Produtos Finos	0,15
Resíduo do despulpamento de amora	-----	0,20
TOTAL		100,00

3.2.8 Caracterização da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas

3.2.8.1 Classificação granulométrica

O tamanho das partículas da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas em pó foi determinado, em duplicata, utilizando um agitador de peneiras modelo RX-29-10 (RO-TAP, WS Tyler, EUA).

Para a classificação granulométrica foram utilizadas 100 g de cada material em um conjunto de sete peneiras, sendo para a matéria-prima com aberturas de malhas de 1190, 840, 600, 500, 425, 300 e 212 μm e uma base, para as farinhas extrudadas de 250, 212, 180, 149, 125, 106 e 75 μm e uma base e para as sopas em pó de 300, 250, 180, 149, 125, 106 e 75 μm e uma base. Todas as amostras foram agitadas durante 10 minutos.

Em seguida, os conteúdos retidos em cada peneira foram pesados e expressos em porcentagens de retenção, seguindo o procedimento descrito por Germani, Benassi e Carvalho (1997).

3.2.8.2 Composição centesimal

As análises de composição centesimal foram realizadas em duplicata, segundo a metodologia descrita pela Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 2010) no laboratório de análise físico-química da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ, para a matéria prima (arroz vermelho integral), para as farinhas extrudadas e para as formulações de sopas instantâneas.

Para a determinação de umidade foi utilizado o método gravimétrico, através da perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa a vácuo, até a obtenção de peso constante do produto dessecado, de acordo com o método 931.04.09, da AOAC (2010).

As cinzas foram determinadas por incineração do material em mufla a 550 °C, segundo a metodologia da AOAC (2010), método 923.03.

O teor de nitrogênio total da amostra foi obtido pelo procedimento tradicional do Kjeldahl modificado, segundo a metodologia da AOAC (2010), método 2001.11, utilizando mistura de catalisador Na₂SO₄, CuSO₄ e Se, e como titulante H₂SO₄ 0,1 M. Para o cálculo da proteína a partir do teor de nitrogênio total foi usado fator de conversão 5,75.

O extrato etéreo foi determinado utilizando-se o extrator Soxhlet, segundo a metodologia da AOAC (2010), método 945.38. O teor de lipídio foi obtido por meio da extração com solvente orgânico, éter de petróleo, seguido da remoção, por evaporação do solvente.

A determinação de fibra alimentar foi realizada segundo a metodologia da AOAC (2010), método 985.29 no qual é quantificado o teor de fibra alimentar total em alimentos por gelatinização do amido presente com enzima Termamyl (α -amilase termo resistente), seguida de digestão enzimática com protease e posteriormente adição de enzima amiloglucosidase para remover proteína e amido. Vale ressaltar que este análise foi realizada apenas nas sopas instantâneas.

Para a determinação dos teores de carboidratos o método utilizado foi o cálculo por diferença segundo a equação 13, conforme RDC n°:360 de 23 de dezembro de 2003.

$$\%FG = 100 - (U + EE + P + F + C) \quad (13)$$

Onde:

FG = fração glicídica (%);

U = umidade (%);

EE = extrato etéreo (%);

P = proteína (%);

F = fibra bruta;

C = cinzas (%).

O valor calórico foi determinado segundo a RDC n° 360 de 23 de dezembro de 2003 utilizando fatores de conversão de Atwater: 4 kcal.g⁻¹ para proteína, 4 kcal.g⁻¹ para carboidratos e 9 kcal.g⁻¹ para lipídeos, de acordo com a equação 14 (OSBORNE; VOOGT, 1978):

$$VC = (\% \text{ proteína} \times 4,0) + (\% \text{ extrato etéreo} \times 9,0) + (\% \text{ carboidratos} \times 4,0) \quad (14)$$

3.2.8.3 Composição em mineral

Foram realizadas análises em duplicata para determinação do teor de potássio, magnésio, cálcio, fósforo, manganês, ferro e zinco na farinha de arroz vermelho integral e nas farinhas extrudadas utilizadas na formulação das sopas em pó. Já nas formulações de sopa em pó, além dos minerais citados acima, foi determinado o teor de sódio. O método utilizado foi de mineralização por micro-ondas de cavidade de acordo com os procedimentos da AOAC (2010), método 999.10, item 9.1.08. A quantificação dos minerais foi realizada em espectrofotômetro de emissão de plasma ICP *Spectroflama Flame*, sendo a determinação feita por espectrometria de emissão atômica pelo método 990.08, item 9.2.39 no Laboratório de Minerais da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

3.2.8.4 Determinação do teor de antocianinas

O conteúdo de antocianinas foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência segundo Santiago et al. (2010) no laboratório de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

A cromatografia foi realizada num Waters[®] sistema Alliance 2695 equipado com um Waters[®] 2996 fotodiodo detector de matriz (na 520nm) e um Rheodyne[®] válvula de seleção de seis canais. A coluna utilizada foi uma Simetria[®] C₁₈ (150 mm x 4,6, 3,5 mm). A fase móvel constituiu em 10% de ácido fórmico aquoso (solvente A) e metanol (solvente B).

3.2.9 Caracterização microbiológica das formulações de sopas instantâneas

As análises microbiológicas das formulações de sopas instantâneas foram realizadas pelo Laboratório de Microbiologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ e pelo Laboratório Analítico de Alimentos e Bebidas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Foram realizadas as análises de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C, fungos filamentosos, leveduras, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus*, Estafilococos coagulase positiva e Clostrídio sulfito redutor conforme a – RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

3.2.10 Avaliação sensorial das sopas instantâneas

3.2.10.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)

A ADQ foi realizada através das seguintes etapas: recrutamento e pré-seleção de provadores, levantamento de atributos sensoriais e definição dos termos descritores, treinamento dos provadores, realização dos testes e análise estatística dos dados (STONE; SIDAL, 2004).

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Os provadores foram recrutados entre os funcionários e estagiários da Embrapa Agroindústria de Alimentos que demonstraram interesse em participar das análises sensoriais descritivas, apresentaram disponibilidade de tempo, afinidade pelo produto, e boas condições de saúde. Os participantes foram previamente selecionados para compor a equipe de

providores através de testes triangulares com os gostos básicos (doce, salgado, amargo e ácido) e teste de ordenação para textura (consistência).

Os indivíduos interessados em participar dos testes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B), no qual eram informados sobre o objetivo geral da pesquisa em questão, sobre a liberdade para questionamento de qualquer dúvida, sobre a liberdade de poder deixar de participar da pesquisa a qualquer tempo, bem como sobre os dados do responsável e membros da equipe do projeto.

Na etapa de pré-seleção para gostos básicos, os provedores receberam amostras codificadas com números aleatórios, sendo duas iguais e uma diferente, e foram orientados a provar as amostras da esquerda para a direita e especificar qual amostra é diferente. Foram utilizadas seis combinações possíveis (AAB, ABB, ABA, BAB, BAA, BBA) para cada par de soluções aquosas de sacarose, ácido cítrico, cloreto de sódio e cafeína, em três concentrações diferentes. A ficha utilizada está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 Modelo da ficha do teste triangular utilizada para o teste de seleção de provedores

TESTE TRIANGULAR Para seleção de provedores	
Nome: _____	Data: _____
Você está recebendo três amostras de solução ácida. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e identifique a amostra diferente com um círculo	
Amostras	_____ _____ _____
Comentários: _____	

A etapa de pré-seleção para consistência foi realizada utilizando três amostras comerciais de sopas instantâneas sabor feijão, cujas viscosidades a temp. de 68°C foram determinadas com o uso do analisador rápido de viscosidade (*Rapid Visco Analyser – RVA*), série 4 (*Newport Scientific*, Warriewood, Austrália) provido do software *Thermocline for Windows* caracterizando as diferenças de consistência entre os produtos. Foram empregadas três repetições do teste de ordenação quanto à consistência percebida na boca utilizando ficha apropriada (Quadro 3), sendo selecionados os candidatos que obtiverem 100% de acertos.

Quadro 3 Modelo da ficha do teste de ordenação utilizada para o teste de seleção de provadores

TESTE DE ORDENAÇÃO	
Para seleção de provadores	
NOME: _____	DATA: _____
Você está recebendo amostras de sopa de feijão. Prove as amostras da esquerda para direita e ordene-as em ordem crescente conforme a consistência percebida na boca .	
_____	_____
menos	mais
viscosa	viscosa
Comentários: _____	

As etapas de levantamento dos atributos, desenvolvimento da terminologia e de treinamento foram realizadas em discussões abertas.

Nesta fase foram apresentadas as cinco formulações de sopas em pó à base de arroz vermelho integral e uma à base de arroz branco. As sopas foram preparadas dissolvendo-se 25 g de sopa em 200 mL de água fervente. Após o preparo as amostras foram armazenadas em garrafas térmicas de inox até o momento da realização da análise.

Durante a etapa de levantamento de atributos, percebeu-se a importância de avaliar a solubilidade das sopas no momento do preparo. Para isto, as amostras passaram a ser preparadas individualmente pelos provadores. Nesta fase, cada provador recebeu 7 g de amostra em copos de isopor de 70 mL e 56 mL de água fervente e foram orientados a despejar a quantidade de água recebida no copo contendo a amostra e homogeneizar até dissolução completa. Em seguida, avaliaram as amostras com relação à solubilidade no momento do preparo, aroma, aparência, consistência percebida na boca e sabor.

Após o levantamento dos atributos os provadores definiram a forma de apresentação das amostras, realizaram a definição de cada termo e desenvolveram uma lista de descritores consensual e um glossário. Esta etapa, também, foi realizada em várias sessões abertas nas quais cada provador descreveu as amostras oferecidas em termos das características sensoriais relacionadas à solubilidade no momento do preparo, aparência, aroma, consistência e sabor do produto, os termos mais adequados para expressar os atributos a serem analisados, suas respectivas definições e referências, assim como a melhor forma de apresentação das amostras. As referências foram definidas analisando amostras comerciais e as sopas formuladas a partir das farinhas extrudadas em escalas não estruturadas de 10cm, ancoradas nos pontos extremos, à esquerda pelo termo "ausente" (zero) ou "pouco" (1) e à direita pelo termo "muito" (9) ou para cada atributo (ANEXO C).

O treinamento da equipe em relação aos atributos sensoriais foi realizado em sessões individuais, sendo que cada provador foi treinado no mínimo três vezes para cada atributo.

Após o levantamento de atributos, treinamento e seleção de provadores, as seis amostras de sopa em pó foram analisadas empregando a ADQ e utilizando ficha apropriada (ANEXO C).

3.2.10.2 Teste de aceitação

O teste de aceitação das sopas foi realizado com 89 consumidores, de ambos os sexos e idade variando de 18 a 60 anos, que gostavam e consumiam no mínimo uma vez por mês (inverno) este tipo de produto. Dados sócio-demográficos foram coletados depois da realização do teste para determinar o perfil dos participantes, conforme apresentado no Anexo D.

Para cada amostra, os consumidores avaliaram a impressão global ou aceitação geral (que é traduzida pelo conjunto, relativa à primeira impressão causada pelo produto como um todo: aparência, aroma, consistência, sabor) das sopas em pó e responderam ao um questionário do tipo *check all that apply* – CATA (RICHTER, 2006), de acordo com a ficha de avaliação representada no Anexo E.

Para a avaliação da impressão global foi utilizada uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei, 1 = desgostei extremamente) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991).

O questionário CATA apresentou uma lista contendo 20 atributos hedônicos e descritivos apropriados para descrever as sopas. Os termos foram selecionados com base em outros estudos e nos descritores levantados pela equipe de provadores da ADQ. Os consumidores foram orientados a assinalar a quantidade desejada de atributos presentes na lista que fossem apropriados para descrever as amostras analisadas. Os termos utilizados no questionário CATA foram agrupados em três categorias: atributos de preparo (02 termos), características sensoriais (10 termos) e hedônicos (08 termos) e foram apresentados na Tabela 6.

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, em cabines individuais, sob iluminação branca.

Cada consumidor recebeu 7g de sopa em pó e 56 mL de água fervente. Todos foram orientados a preparar as mesmas seis amostras analisadas na ADQ antes da avaliação. As amostras foram apresentadas de forma monádica, balanceada e aleatória, em copos de isopor descartáveis de 70 mL, codificados com números de três algarismos. Junto às amostras foi oferecida água mineral à temperatura ambiente para a limpeza do palato.

Os dados foram analisados por ANOVA e teste de *Tukey* ($p < 0,05$). Mapa da Preferência e Análise de Cluster também foram empregados na análise dos dados que foi realizada no software XLSTAT-MX (2005).

Tabela 6 Lista dos termos utilizados no questionário CATA para avaliação das sopas em pó

CATEGORIAS	TERMOS
Atributos de Preparo	Difícil de dissolver Fácil de dissolver
Características Sensoriais	Sabor de cebola Condimentada Salgada Rala Encorpada Sabor de cereal Aroma de arroz cozido Aroma fraco Sem sabor Sem sal
Hedônicos	Saborosa Aroma bom Deliciosa Aparência boa Sabor estranho Sabor ruim Cor atrativa Aroma estranho

3.2.11 Determinação de aminoácidos

Os aminoácidos foram determinados segundo a metodologia da AOAC (2000), método 994.12, em auto analisador por cromatografia de troca iônica. As amostras foram hidrolisadas em HCl, cisteína e metionina convertidos em ácido cistéico e sulfato de metionina, respectivamente, após a oxidação com ácido perfômico (AOAC, 2000). Neste método, o triptofano é destruído na etapa de hidrólise ácida, por esta razão, para sua análise, a proteína será hidrolisada em meio alcalino sob vácuo com NaOH 4,2M. Após ajuste de pH e clarificação, o triptofano é separado por cromatografia de troca iônica e a reação pós-coluna com nihidrina e calculado por comparação com uma curva padrão.

A análise do perfil de aminoácidos foi realizada pelo Laboratório de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ apenas nas sopas que obtiveram melhor aceitação sensorial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização física da matéria prima e das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

Para os resultados descritos a seguir que apresentaram o coeficiente de regressão menor que 0,70, não foram construídos os gráficos de superfície de resposta e nem gerados os modelos da equação, no entanto, os resultados foram discutidos com a finalidade de delimitar novas áreas de estudo. Neste caso, as variáveis foram avaliadas através de comparação de médias realizada pelo teste de Tukey.

4.1.1 Índice de expansão radial

Os valores de Índice de expansão radial dos extrudados variaram de 2,564 (tratamento 6) a 8,657 (tratamento 1), como demonstrado na Tabela 7, sendo o maior valor encontrado no tratamento 1 cujos valores de temperatura na terceira zona do extrusor, rotação do parafuso e umidade foram 75°C, 160 rpm e 18%, respectivamente. Estes valores foram superiores ao observados por Clerici; El-Dash (2008) na extrusão de farinha de arroz, com umidade variando de 19 a 25% e temperatura de 108 a 192 °C, que foram de 1,37 a 3,08.

Tabela 7 Índice de expansão radial (IER) dos extrudados expandidos

Tratamentos	X ₁	X ₂	IER
1	75	18	8,657 ± 0,05 ^a
2	75	26	4,749 ± 0,05 ^{bcd}
3	125	18	7,743 ± 0,04 ^a
4	125	26	3,268 ± 0,04 ^{de}
5	65	22	4,525 ± 0,06 ^{bcd}
6	135	22	2,564 ± 0,15 ^e
7	100	16	3,637 ± 0,17 ^{cde}
8	100	28	3,571 ± 0,10 ^{cde}
9 (C)	100	22	4,870 ± 0,05 ^{bc}
10 (C)	100	22	4,112 ± 0,07 ^{bcd}
11 (C)	100	22	5,484 ± 0,06 ^b
12 (C)	100	22	4,355 ± 0,05 ^{bcd}
13 (C)	100	22	5,044 ± 0,06 ^{bc}

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade da mistura no processamento (%);

IER =Índice de expansão radial;

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Os resultados encontrados reforçam a teoria de que a expansão de matérias-primas amiláceas se dá de forma inversamente proporcional à umidade do material a ser extrudado. Segundo Ding et. al. (2005), o aumento da umidade pode mudar a estrutura molecular da amilopectina do material amiláceo, reduzindo a viscosidade elástica e diminuindo, assim, a expansão do produto final. Observa-se, também, que os tratamentos 4 e 6 processados a altas temperaturas apresentaram valores menores para o índice de expansão. Este fato pode ser

explicado pelo processo de dextrinização excessivo sofrido pelas amostras que leva ao enfraquecimento da estrutura amilácea (ASCHERI, 2009; DOGAN; KARWE, 2003).

Silva, Ascheri (2009) encontraram valores médios de 11,22, maiores do que os encontrados neste estudo, para o IER de farinha extrudada de quirera de arroz quando extrudada com umidade entre 15 e 16%. Por outro lado, encontraram valores menores (3,48) para o IER deste mesmo material processado com um teor de umidade de 21%, concluindo assim, que a umidade atuou de forma significativa na expansão dos extrudados.

A presença de fibras e proteína diminui a capacidade de expansão dos grânulos de amido, uma vez que estes componentes reagem com o amido e impossibilitam a consequente evaporação da água presente no grânulo (ANTON; FULCHER; ARNTFIELD, 2008). Portanto, é de se esperar que extrudados expandidos de farinha de arroz vermelho integral, por apresentar elevado percentual de fibra, quando comparado com expandidos elaborados com outros produtos amiláceos, apresentem menor índice de expansão radial.

Chang; El-Dash (2003) encontraram valores maiores para o índice de expansão em expandidos de amido de mandioca processados com teores de umidade menores que 18%. Clerici; El-Dash (2008) ao estudarem farinhas extrudadas de arroz verificaram maiores valores de IER nas amostras processadas em menores teores de umidade e valores intermediários de temperatura. Já as amostras processadas com valores maiores de umidade e a altas e baixas temperaturas apresentaram menores IER. Teba, Ascheri e Carvalho (2011), ao analisarem a influência da adição de soro de leite em extrudados expandidos de arroz, observaram valores de índice de expansão radial variando de 7,08 a 3,62, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos com 18% de umidade assim como neste estudo.

Os resultados para IER encontrados confirmam a teoria de que, geralmente, o índice de expansão radial aumenta à medida que o conteúdo de umidade decresce.

4.1.2 Densidade aparente

O menor valor de densidade aparente dos extrudados de arroz vermelho integral (Tabela 9) foi 0,219 g/cm³ encontrado no tratamento 3 (18% umidade e 125°C), seguido da amostra do tratamento 1 (18% umidade e 75°C) com 0,241 g/cm³, mostrando a influência significativa da variável umidade e a relação com o índice de expansão radial, já que esses tratamentos foram os que apresentaram elevados valores de IER (Tabela 8).

Tendo em vista que a expansão representa a formação de células no extrudado ao sair pela matriz e que a formação destas células diminui o peso do produto, a densidade aparente apresenta um comportamento inversamente proporcional ao índice de expansão radial. Isto foi comprovado uma vez que os extrudados com maiores índices de expansão apresentaram menores valores de densidade aparente.

Tabela 8 Densidade aparente (DA) dos extrudados expandidos

Tratamentos	X ₁	X ₂	DA
1	75	18	0,241 ± 0,92 ^{ef}
2	75	26	0,384 ± 0,36 ^{def}
3	125	18	0,219 ± 0,95 ^f
4	125	26	0,554 ± 0,35 ^{bc}
5	65	22	0,385 ± 0,94 ^{def}
6	135	22	0,857 ± 0,50 ^a
7	100	16	0,583 ± 0,72 ^{bcd}
8	100	28	0,507 ± 0,66 ^{bcd}
9 (C)	100	22	0,390 ± 0,37 ^{ce}
10 (C)	100	22	0,451 ± 1,14 ^{bcd}
11 (C)	100	22	0,354 ± 1,02 ^{def}
12 (C)	100	22	0,371 ± 0,54 ^{def}
13 (C)	100	22	0,362 ± 0,88 ^{def}

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade da mistura no processamento (%);

DA =Densidade aparente (g/cm³);

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

4.1.3 Análise de cor

A análise de cor é importante do ponto de vista sensorial e de verificação da qualidade das farinhas pós-extrusão e, conjuntamente, para caracterizar a influencia do processo de extrusão termoplástica sobre a matéria extrudada.

A formação de cor durante o processo de extrusão proporciona importante informação a respeito do grau do tratamento térmico, e está diretamente relacionada com a composição da formulação (LINKO; COLONNA; MERCIER, 1981).

Manoharkumar et al. (1978) descreveram a importância das condições operacionais de extrusão na perda da cor de *grits* de milho. Muitas são as reações que ocorrem durante esse processo da extrusão, e as mais comuns são reações de coloração e degradação não enzimática do pigmento das farinhas.

A Tabela 9 apresenta os valores de luminosidade, Chroma e ângulo hue da matéria-prima e das farinhas extrudadas de arroz.

Tabela 9 Resultados da análise de cor das farinhas extrudadas

Tratamentos	X ₁	X ₂	L*	C*	h°
1	75	18	64,46 ^{fg}	9,82	54,23
2	75	26	62,88 ^g	10,22	53,82
3	125	18	66,92 ^{cde}	9,29	55,70
4	125	26	67,83 ^{cd}	9,94	54,85
5	65	22	66,45 ^{def}	10,04	54,48
6	135	22	68,24 ^c	9,35	56,72
7	100	16	65,65 ^{ef}	9,04	55,62
8	100	28	64,04 ^{fg}	10,55	53,86
9 (C)	100	22	64,57 ^{fg}	10,10	55,81
10 (C)	100	22	66,77 ^{cde}	10,16	55,40
11 (C)	100	22	65,34 ^{ef}	9,92	54,51
12 (C)	100	22	60,64 ^h	9,94	54,86
13 (C)	100	22	67,08 ^{cde}	9,70	54,26
ABP T9	100	22	87,17 ^a	6,02	89,92
AVI	----	----	79,13 ^b	6,89	68,68

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

ABP T9 = farinha extrudada de arroz branco polido;

AVI= Farinha de arroz vermelho integral;

L = Luminosidade;

C* = Chroma;

h° = Ângulo hue;

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

a) Luminosidade

A luminosidade define a claridade da cor, em que o valor 0 indica cor totalmente preta e o valor 100 totalmente branca (FERNANDES et al., 2010). O escurecimento conforme a intensidade pode comprometer a cor dos produtos obtidos por extrusão (TEBA, 2009).

Analisando os dados mostrados na Tabela 9, o valor da luminosidade das farinhas extrudadas variou de 68,24 a 60,64 e nota-se que a extrusão promoveu uma redução da luminosidade das farinhas extrudadas quando comparadas a matéria-prima. Isto significa que o processo de extrusão levou ao escurecimento das farinhas.

b) Chroma

O chroma (C*) define a intensidade ou saturação de cor, sendo definido pela distância do ângulo hue no centro do diagrama tridimensional. Valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas (FERNANDES et al., 2010).

Através dos resultados apresentados na Tabela 10 observa-se que o coeficiente de regressão explica 86,08 % da variação total da variável resposta em torno da média e 13,92 % atribui-se aos resíduos. Além disso, mostram que a média foi altamente significativa, ao nível de 0,1 % de probabilidade, demonstrando que o ponto central foi bem ajustado.

Com relação às variáveis, verifica-se que houve contribuição linear da temperatura e da umidade (p < 0,05), que apresentaram efeito negativo e positivo, respectivamente

indicando que a variação do valor do Chroma foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura e diretamente proporcional ao aumento da umidade.

Tabela 10 Coeficientes de regressão para Chroma das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

Fatores	Teste F	Coefficiente de Regressão	p - valor
Média	---	9,96 E+00	1,41 E-12 ^{**}
X1 (L)	9,61 E+00	-2,23 E-01	1,73 E-02 [*]
X1 (Q)	2,27 E+00	-1,16 E-01	1,75 E-01 ^{ns}
X2 (L)	3,06 E+01	3,98 E-01	8,78 E-04 ^{**}
X2 (Q)	7,39 E-01	-6,63 E-02	4,18 E-01 ^{ns}
X1 X2	3,77 E-01	6,25 E-02	5,59 E-01 ^{ns}
R²		0,8608	

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

(L)= Linear;

(Q)= Quadrático;

--- Não determinado;

^{ns.} = Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{*} = Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{**} = Significativo ao nível de 0,1 % de probabilidade.

Para a elaboração da equação do modelo matemático reparametrizado proposto para as variáveis independentes codificadas (Equação 15) foram utilizados somente os termos estatisticamente significativos (Tabela 10).

$$\text{Chroma} = 9,96 - 0,22X_1 + 0,40X_2 \quad (15)$$

A ANOVA para os dados do Chroma pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11 ANOVA para Chroma

Fonte Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Fcal	Ftab	p-valor
Regressão	1,65 E+00	2	8,27 E-01			
Resíduo	0,43 E+00	10	4,31 E-02	1,92 E+01	4,10 E+00	9,51 E-01
Total	2,09 E+00	12				

Analisando a Tabela 11, verificou-se que o F calculado foi maior do que o F tabelado e a porcentagem de variação explicada foi de 86,08%. Isto mostra que o modelo obtido foi significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A Figura 9 representa o efeito das variáveis temperatura e umidade no índice chroma de cor.

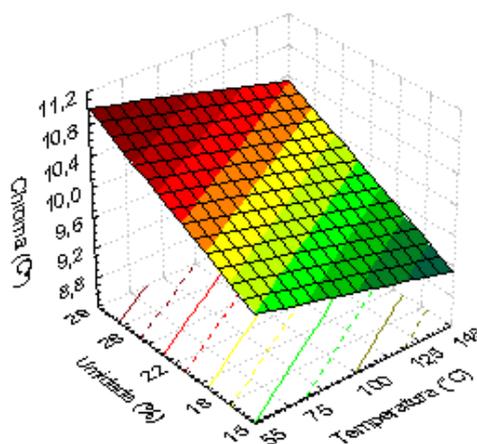


Figura 9 Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor de Chroma das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

De acordo com a Figura 9, nota-se que a temperatura exerce uma contribuição inversamente proporcional ao Chroma, este comportamento é comprovado através do efeito linear negativo da variável temperatura. Já a variável umidade exerce uma contribuição diretamente proporcional ao valor de Chroma, sendo comprovado pelo efeito positivo desta variável.

O menor valor encontrado para o Chroma nas farinhas extrudadas foi 9,04 para o tratamento 7 (100°C e 16% umidade), sendo o maior valor encontrado 10,55 para o tratamento 8 (100°C e 28% umidade), confirmando o comportamento observado na Figura 9 de que o valor do Chroma aumenta com o acréscimo de umidade. Além disso, ao analisar os tratamentos 1 (75°C e 18% umidade) e 3 (125°C e 18% umidade), que apresentaram valor de 9,82 e 9,24, respectivamente, observa-se uma redução no valor do Chroma com o aumento da temperatura de processo como visualizado na Figura 9.

c) Ângulo hue

O ângulo hue mostra a localização da cor em um diagrama tridimensional, onde o ângulo 0° representa o vermelho puro, o 90° representa o amarelo puro, o de 180° o verde puro e o 270° o azul (MCGUIRE, 1992).

Vale ressaltar que as farinhas extrudadas apresentaram valores menores para o ângulo hue quando comparadas à matéria-prima (Tabela 9).

Através dos resultados apresentados na Tabela 12 observa-se que o coeficiente de regressão explica 73,22 % da variação total da variável resposta em torno da média e 26,78 % atribui-se aos resíduos. Além disso, mostram que a média foi altamente significativa, ao nível de 0,1 % de probabilidade, demonstrando que o ponto central foi bem ajustado.

Com relação às variáveis, verifica-se que houve contribuição linear da temperatura ($p < 0,05$), que apresentou efeito positivo indicando que a variação do valor do ângulo hue foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura.

Tabela 12 Coeficientes de regressão para ângulo hue das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

Fatores	Teste F	Coefficiente de Regressão	p - valor
Média	---	5,50 E+01	1,48 E-14 ^{**}
X1 (L)	1,17 E-01	7,02 E-01	1,11 E-02 [*]
X1 (Q)	7,01 E-01	1,86 E-01	4,30 E-01 ^{ns}
X2 (L)	5,11 E+00	-4,69 E-01	5,82 E-02 ^{ns}
X2 (Q)	1,21 E+00	-2,44 E-01	3,08 E-01 ^{ns}
X1 X2	1,41 E-01	-1,10 E-01	7,18 E-01 ^{ns}
R²		0,7322	

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

(L)= Linear;

(Q)= Quadrático;

--- Não determinado;

^{ns.} = Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{*} = Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{**} = Significativo ao nível de 0,1 % de probabilidade.

Para a elaboração da equação do modelo matemático reparametrizado proposto para as variáveis independentes codificadas (Equação 16) foram utilizados somente os termos estatisticamente significativos (Tabela 12).

$$\hat{\text{Ângulo hue}} = 54,97 + 0,71X_1 \quad (16)$$

A ANOVA para os dados do ângulo hue pode ser observada na Tabela 13.

Tabela 13 ANOVA para ângulo hue

Fonte Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Fcal	Ftab	p-valor
Regressão	4,11 E+00	1	4,11 E+00			
Resíduo	4,86 E+00	11	4,42 E-01	9,30 E+00	4,84 E+00	8,33 E-01
Total	8,97 E+00	12				

Analisando a Tabela 13, verificou-se que o F calculado foi maior do que o F tabelado e a porcentagem de variação explicada foi de 73,22%. Isto mostra que o modelo obtido foi significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A Figura 10 representa o efeito das variáveis temperatura e umidade no ângulo hue.

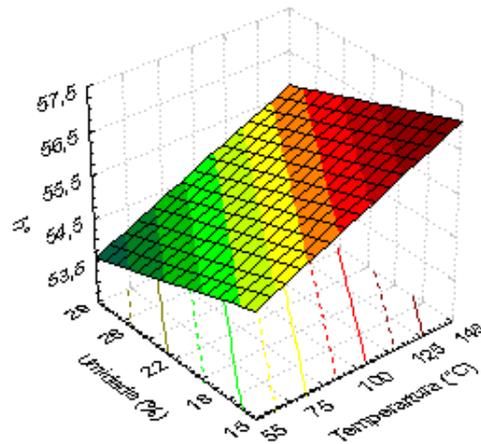


Figura 10 Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor do ângulo hue das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

De acordo com a Figura 10, nota-se que a temperatura exerce uma contribuição diretamente proporcional ao ângulo hue (h°), este comportamento é comprovado através do efeito linear positivo da variável temperatura. Embora a variável umidade não tenha sido significativa, observa-se que a umidade exerce uma pequena contribuição na cor das farinhas extrudadas. Quanto menor a umidade, valores maiores do ângulo hue são alcançados. Isto pode ser explicado pelo fato do p-valor para umidade ter sido próximo de 0,05.

O menor valor encontrado para o ângulo hue para as farinhas extrudadas foi $53,82^\circ$ para o tratamento 2 (75°C e 26% umidade), sendo o maior valor encontrado $56,72^\circ$ para o tratamento 6 (135°C e 22% umidade), confirmando o comportamento observado na Figura 10 de que o valor do ângulo hue é maior em temperaturas maiores e umidade menores.

4.2 Características tecnológicas funcionais das farinhas extrudadas de arroz-vermelho integral

4.2.1 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

Segundo Moura (2012), os valores de ISA e IAA podem ser utilizados para estimar a adequabilidade do uso de produtos amiláceos extrudados em suspensões ou soluções. As aplicações em meios com quantidade limitada de água são baseadas nessas duas propriedades funcionais e envolvem frequentemente a capacidade de ligação das pontes de hidrogênio.

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos na caracterização das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral quanto ao índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA).

Tabela 14 Resultados da caracterização de ISA e IAA das farinhas extrudadas

Tratamentos	X ₁	X ₂	ISA (%)	IAA (g gel.g ⁻¹)
1	75	18	8,04 ^a	7,17 ^{ab}
2	75	26	7,44 ^{bc}	7,91 ^a
3	125	18	8,12 ^{ab}	6,96 ^{abc}
4	125	26	6,58 ^{cdef}	7,16 ^{ab}
5	65	22	6,70 ^{cde}	7,23 ^{ab}
6	135	22	5,62 ^{ef}	5,32 ^d
7	100	16	7,26 ^{bcd}	6,07 ^{cd}
8	100	28	6,46 ^{cdef}	6,72 ^{bc}
9 (C)	100	22	8,38 ^{ab}	6,81 ^{bc}
10 (C)	100	22	6,00 ^{ef}	6,64 ^{bc}
11 (C)	100	22	5,37 ^f	6,62 ^{bc}
12 (C)	100	22	8,82 ^a	6,95 ^{abc}
13 (C)	100	22	6,17 ^{def}	6,78 ^{bc}
ABP	100	22	6,24 ^{cdef}	6,53 ^{bc}
AVI	----	----	2,18 ^g	2,14 ^e

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade da mistura no processamento (%);

ISA = Índice de solubilidade em água;

IAA = Índice de absorção em água;

ABP = Farinha extrudada de arroz branco polido;

AVI = Farinha de arroz vermelho integral;

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

a) Índice de solubilidade em água (ISA)

O ISA mede o grau de degradação do grânulo de amido e varia conforme a quantidade de sólidos solúveis na amostra seca. O valor do ISA tende a aumentar de acordo com a severidade do tratamento termomecânico (ANDERSON et al., 1969; ASCHERI et al., 2006; CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; GUTKOSKI, 1997; MERCIER; FEILLET, 1975; SEBIO; CHANG, 2000; TORRES et al., 2005).

As características de solubilidade servem para aperfeiçoar os efeitos do calor nas proteínas durante os processos, de modo que sejam mostradas as vantagens e desvantagens de seus usos nos alimentos. Quanto maior for o valor de solubilidade para uma proteína, melhor será a indicação do potencial de seu uso em sistemas alimentares (FERNANDES et al., 2003).

Analisando a Tabela 14 observa-se que o maior valor de ISA para as farinhas extrudadas foi obtido a temperatura de 100°C, umidade de 22% (T₁₂), enquanto o menor valor foi encontrado na farinha extrudada processada a 135°C com 22% de umidade (T₆), sendo os valores de 7,91% e 5,32%, respectivamente. Além disso, constatou-se que as farinhas extrudadas apresentaram valores muito elevados quando comparadas com a farinha de arroz vermelho integral. Este resultado era esperado uma vez que o processo de extrusão promove a gelatinização e a dextrinização do amido contribuindo para o aumento do valor do ISA.

Também foi possível analisar que os tratamentos que geraram produtos com maior solubilidade foram também os que apresentaram os maiores índices de expansão radial. E, segundo Chang e El-dash (2003) a expansão está relacionada ao grau de gelatinização do amido. Além disso, baixos conteúdos de umidade no material podem restringir o fluxo do mesmo dentro do extrusor, aumentando o cisalhamento e o tempo de residência, o que poderia

talvez aumentar o grau de gelatinização e se esse aumento for contínuo possivelmente pode levar a dextrinização da massa e aumentar a solubilidade.

Batista; Prudêncio; Fernandes (2010) trabalharam com extrudado de feijão carioca e verificaram que o processo de extrusão das duas cultivares analisadas, BRS Pontal e BRS Grafite aumentou significativamente a solubilidade em umidades de 18% e 16%, respectivamente.

Resultados similares foram encontrados no estudo de Moura (2012), que ao avaliar farinhas mistas extrudadas de milho, arroz e feijão encontrou valores de ISA variando entre 9,20 e 21,51%. As farinhas com maiores valores de ISA foram processadas com 18% de umidade e temperaturas de 140 e 180°C. Estes tratamentos também geraram produtos com maiores IER, assim como observado neste estudo.

Na extrusão de farinha de arroz vermelho integral, notou-se uma influência maior do teor de umidade ao avaliar a solubilidade das farinhas. Portanto, para a obtenção de uma farinha extrudada de arroz vermelho integral com alta solubilidade, deve-se adotar teores de umidade abaixo de 18%. A temperatura, por sua vez, não exerceu grande influência nos valores de ISA podendo ser adotadas temperaturas intermediárias quando o intuito for uma alta solubilidade das farinhas.

b) Índice de absorção em água

A absorção de água, considerada como medida do grau de modificação de amido é outra propriedade indicativa das possibilidades de utilização das farinhas extrudadas. Somente os grânulos de amido danificados, tendo grupos hidrofílicos disponíveis, podem absorver água em temperatura ambiente. Quando, o amido é submetido à ação da energia mecânica e/ou térmica de maior grandeza, o IAA decresce indicando destruição da integridade molecular do amido (SRIBURI; HILL, 2000).

Analisando a Tabela 14 observa-se que o maior valor de IAA para as farinhas extrudadas foi obtido a temperatura de 75°C, umidade de 26% (T₂), enquanto o menor valor foi encontrado na farinha extrudada processada a 135°C com 22% de umidade (T₆), sendo os valores de 7,91 g gel.g⁻¹ e 5,32 g gel.g⁻¹, respectivamente. Este resultado é esperado uma vez que a combinação de alta temperatura com umidade intermediária leva a uma destruição maior dos grânulos de amido diminuindo, assim, a sua capacidade de absorção de água e, segundo Silva; Ascheri (2009), elevados teores de umidade durante o processo de extrusão, seguidos por baixas taxas de cisalhamento, ocasionam redução de atrito do parafuso e da parede interna do tubo extrusor sobre as moléculas de amido do arroz, pois a água funciona como lubrificante no meio, resultando, assim, em menor degradação da amilose e amilopectina e, conseqüentemente, em aumento do IAA.

Além disso, constatou-se que as farinhas extrudadas apresentaram valores muito elevados quando comparadas com a farinha de arroz vermelho integral. Este resultado era esperado, pois, segundo Chang; El-Dash (2003), o amido gelatinizado absorve mais água do que em seu estado natural e as proteínas, devido a mudanças na conformação e na estrutura, têm o seu balanço hidrofílico/hidrofóbico alterado, podendo contribuir para o aumento ou diminuição do IAA.

O baixo índice de absorção e de solubilidade (IAA de 2,14g gel/g e ISA de 2,18%) para a farinha de arroz vermelho integral crua, em comparação com a farinha extrudada, comprova o difícil acesso da água entre as cadeias do amido, porque a cristalinidade do amido limita sua expansão (CASTIGLIONI, DORS; AUGUSTO-RUIZ, 2006).

Baixos valores de IAA refletem o restrito acesso da água aos amidos extrudados, atribuída a uma estrutura compacta. Por outro lado, a solubilidade pode ser relacionada a menor massa molecular dos componentes do amido (ASCHERI, 2010) e após atingir um

máximo de absorção, com relação ao grau de amido danificado, o índice de absorção pode diminuir por um início da dextrinização que pode levar a um aumento da solubilidade.

Moura (2012) encontrou valores de IAA semelhantes a este estudo para farinhas extrudadas mistas de milho, arroz e feijão. Segundo Moura (2012) os valores de IAA variaram entre 5,12 e 7,75 g gel/g, sendo que os tratamentos com teor maior de umidade apresentaram os maiores valores de IAA. Além disso, os tratamentos elevada solubilidade e elevado índice de expansão radial, apresentaram valores inferiores de absorção de água.

4.2.2 Propriedades viscoamilográficas

A viscosidade de pasta depende da avaliação do grau de gelatinização do amido e da taxa de fragmentação e solubilização molecular.

De acordo com Lustosa et.al. (2009), a viscosidade é uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos. A curva de viscosidade representa o seu comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, pelas modificações estruturais das moléculas de amido e também pela tendência a retrogradação durante o resfriamento.

Na Tabela 15 constam os valores codificados do delineamento experimental e os valores dos resultados experimentais da viscosidade inicial a 25 °C, viscosidade máxima a 95 °C, viscosidade mínima a 95 °C e viscosidade final a 25 °C, assim como os valores calculados para quebra de viscosidade (breakdown) e tendência à retrogradação (setback).

Analisando a Tabela 15, verificou-se que a viscosidade inicial variou entre 19,02 cP e 504,00 cP; a viscosidade máxima entre 297,0 cP e 936,48 cP; a viscosidade mínima entre 165,48 cP e 903,00 cP; a quebra de viscosidade entre 33,48 cP e 340,50 cP; a viscosidade final entre 490,98 cP e 1652,52 cP e a tendência à retrogradação entre 324,96 cP e 749,52 cP. Os pontos centrais para todas as respostas apresentaram uma grande variação, indicando que não houve repetibilidade do processo. Além disso, obteve-se maior resultado para as variáveis dependentes Visc. Máx., Visc. Mín, Visc. Final. e TR no tratamento 6 onde as variáveis temperatura e umidade encontravam-se em nível máximo e intermediário (135°C e 22%, respectivamente). E obteve-se maior resultado para a variável Vinic. no tratamento 3 onde as variáveis temperatura e umidade encontravam-se no seu nível elevado e baixo (125°C e 18%, respectivamente). Já para a QV, os pontos centrais, onde todas as variáveis se encontram em níveis intermediários, apresentaram melhores.

Tabela 15 Resultados da caracterização de viscosidade de pasta das farinhas extrudadas

Tratamentos	X ₁	X ₂	Visc. Inic.	Visc. Máx.	Visc. Mín.	QV	Visc. Final	TR
1	75	18	160,50 ^c	415,98	165,48 ⁱ	250,50 ^{de}	490,98 ^g	325,50
2	75	26	19,02 ^e	297,00	243,48 ^h	53,52 ^{gh}	906,00 ^{def}	662,52
3	125	18	504,00 ^a	594,00	271,98 ^{gh}	321,96 ^b	597,00 ^g	324,96
4	125	26	73,50 ^d	495,48	378,54 ^{de}	117,00 ^f	1006,50 ^d	628,02
5	65	22	160,98 ^c	597,48	348,00 ^{def}	249,48 ^{de}	935,46 ^{def}	587,46
6	135	22	64,50 ^d	936,48	903,00 ^b	33,48 ^h	1652,52 ^b	749,52
7	100	16	279,96 ^b	472,98	384,48 ^{de}	88,50 ^{fg}	793,02 ^f	408,48
8	100	28	31,02 ^{de}	458,52	243,48 ^h	215,04 ^c	963,96 ^d	720,48
9 (C)	100	22	70,50 ^d	559,98	328,02 ^{efg}	232,02 ^{de}	894,96 ^{def}	567,00
10 (C)	100	22	188,46 ^c	746,52	449,04 ^c	297,48 ^{bc}	1021,98 ^d	573,00
11 (C)	100	22	203,46 ^c	682,50	383,52 ^{de}	299,04 ^{bc}	949,98 ^{de}	566,46
12 (C)	100	22	34,98 ^{de}	556,02	290,04 ^{fgh}	265,98 ^{cd}	786,54 ^f	496,50
13 (C)	100	22	472,50 ^a	689,52	349,02 ^{de}	340,50 ^b	810,96 ^{ef}	462,00
AVI	----	----	10,50 ^e	389,50	400,50 ^{cd}	-11,00 ⁱ	1275,00 ^c	874,50
ABP T9	----	----	253,00 ^b	2776,50	2368,50 ^a	408,00 ^a	6377,00 ^a	2707,00

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

Visc. Inic.= Viscosidade de pasta inicial a 25 °C (cP);

Visc. Máx.= Viscosidade de pasta máxima (cP);

Visc. Mín.= Viscosidade de pasta mínima (cP);

QV= Quebra de viscosidade;

Visc. Final= Viscosidade de pasta final (cP);

TR= Tendência à retrogradação;

AVI= Farinha de arroz vermelho integral crua;

ABP T9 =Farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

a) Viscosidade Inicial a 25°C

A viscosidade inicial, também conhecida por viscosidade de pasta a frio, indica a capacidade do amido extrudado em absorver água em temperatura ambiente e formar uma pasta, gel ou líquido viscoso (FENIMAN, 2004)

Embora a temperatura e a umidade afetem a viscosidade a frio, neste estudo nenhuma dessas variáveis influenciou significativamente os valores de viscosidade inicial a 25 °C, das farinhas extrudadas.

O baixo valor de viscosidade inicial a 25°C no tratamento 2 (19,02 cP) pode ser explicado pelas condições do processo de extrusão, umidade elevada (26%) e temperatura mais branda (75 °C). Já o maior valor de viscosidade inicial foi encontrado no tratamento 3 (504 cP) e pode ser explicada pelo aumento da temperatura do processo (125°C) e diminuição da umidade (18%) que favorecem o processo de gelatinização dos grânulos de amido. Altas viscosidades são típicas de um produto gelatinizado, enquanto que baixas viscosidades, com umidade menor, indicam quebra de polímero.

Baixos valores de viscosidade inicial são esperados devido a baixa capacidade de absorção de água que os grânulos de amido apresentam em seu estado natural e por ser o início da elevação da temperatura e da velocidade da força de atrito da rosca que homogeneiza o amido na água durante o processo de extrusão (SILVA; ASCHERI, 2009). Ainda devemos

considerar que valores muito baixos de viscosidade inicial de materiais extrudados podem ser explicados pelo conteúdo protéico e pela presença de fibras, como é o caso da farinha de arroz integral.

b) Viscosidade Máxima a 95 °C

A viscosidade máxima se dá pelas transformações que ocorrem na estrutura granular do amido submetido ao processo de aquecimento como resultado da desorganização molecular, principalmente da amilopectina, que leva a um intumescimento total, gelatinização, dextrinização e absorção máxima de água pelos grânulos de amido (SILVA; ASCHERI, 2009). Com isso, a viscosidade a quente indica as possibilidades de utilização da farinha extrudada e torna-se importante quando a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que é necessário conservar a viscosidade em temperaturas acima da ambiente (TORRES et al., 2005).

Altas umidades e baixas temperaturas, indicativas de tratamento térmico menos severo, forneceram as maiores viscosidades a 95°C.

SILVA et al. (2004) observaram que a degradação dos grânulos de amido aumenta em baixa umidade, pois o atrito mecânico no parafuso é maior. Isto se reflete em menores condições de entumescimento dos grânulos, diminuindo a viscosidade máxima a 95°C. Da mesma forma, o atrito mecânico diminuiu com alta umidade havendo menor destruição dos grânulos. (TORRES et al., 2005).

Através dos coeficientes de regressão apresentados na Tabela 16 observa-se que o coeficiente de determinação explica 71,81 % da variação total da variável resposta em torno da média e 28,19 % atribui-se aos resíduos.

Os resultados apresentados na Tabela 16 mostram que a média foi altamente significativa, ao nível de 0,1 % de probabilidade, demonstrando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

Com relação às variáveis, verifica-se que houve contribuição linear da temperatura e quadrática da umidade ($p < 0,05$).

A temperatura apresentou efeito positivo e a umidade, efeito negativo, indicando que a variação do valor da viscosidade máxima a 95 °C foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura e à diminuição da umidade.

Tabela 16 Coeficientes de regressão para viscosidade máxima da pasta a 95°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

Fatores	Teste F	Coefficiente de Regressão	p - valor
Média	---	6,47 E+02	4,20 E-06 ^{**}
X1 (L)	7,13 E+00	1,07 E+02	3,20 E-02 [*]
X1 (Q)	1,87 E-01	1,86 E+01	6,78 E-01 ^{ns}
X2 (L)	5,51 E-01	-2,97 E+01	4,82 E-01 ^{ns}
X2 (Q)	9,44 E+00	-1,32 E+02	1,80 E-02 [*]
X1 X2	8,15 E-03	5,12 E+00	9,31 E-01 ^{ns}
R²		0,7181	

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

(L)= Linear;

(Q)= Quadrático;

--- = Não determinado;

^{ns.} = Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{*} = Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{**} = Significativo ao nível de 0,1 % de probabilidade.

Para a elaboração da equação do modelo matemático reparametrizado proposto para as variáveis independentes codificadas (Equação 17) foram utilizados somente os termos estatisticamente significativos (Tabela 16).

$$\text{Viscosidade Máxima} = 649,91 + 106,99X_1 - 132,02X_2^2 \quad (17)$$

A ANOVA para a viscosidade máxima a 95°C pode ser observada na tabela 17.

Tabela 17 ANOVA para viscosidade máxima a 95°C

Fonte Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Fcal	Ftab	p-valor
Regressão	2,19 E+05	2	1,10 E+05			
Resíduo	9,95 E+04	10	9,95 E+03	1,10 E+01	4.10 E+00	9,51 E-01
Total	3,19 E+05	12				

Analisando a Tabela 17, verificou-se que o F calculado foi maior do que o F tabelado e a porcentagem de variação explicada foi de 71,81%. Isto mostra que o modelo obtido foi significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A figura 11 representa o efeito das variáveis temperatura e umidade na viscosidade máxima.

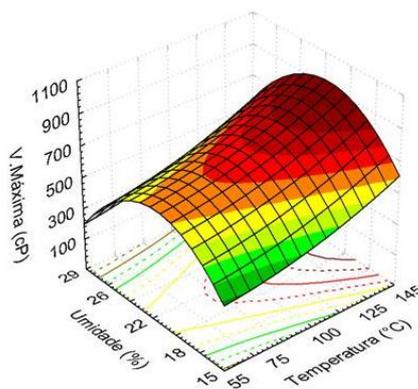


Figura 11 Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor da viscosidade máxima das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.

De acordo com a Figura 11, nota-se que a temperatura exerce uma contribuição diretamente proporcional à viscosidade máxima, este comportamento é comprovado através do efeito linear positivo da variável temperatura. Além disso, observa-se que os maiores valores de pico de viscosidade máxima são alcançados quando a temperatura encontra-se em seus níveis maiores e, concomitantemente a umidade encontra-se em seus níveis intermediários. Valores mais elevados de viscosidade a quente, em produtos extrudados, indicam tratamentos menos severos e umidade mais elevada, pois estas condições possibilitam a manutenção de maior percentual de grânulos de amido intactos.

c) Viscosidade de Pasta Mínima

A viscosidade mínima pode ser vista como uma medida do grau de desintegração dos grânulos de amido e outras substâncias. Corresponde ao menor valor de viscosidade após o pico de gelatinização, que no caso das farinhas extrudadas, ocorre a uma temperatura inferior a 95°C.

De acordo com Teba (2009), elevados teores de umidade diminuem o atrito e com isso uma quantidade menor de grânulos sofre degradação. Então, como a viscosidade mínima está relacionada à ruptura dos grânulos de amido, é necessário um menor valor de umidade para que este fenômeno ocorra com maior intensidade, pois assim, as moléculas tornam-se mais susceptíveis à ação do cisalhamento.

O baixo valor de viscosidade mínima no tratamento 1 (165,48 cP) pode ser explicado pelo fato da baixa temperatura do processo associada a uma baixa umidade, levar a uma diminuição da viscosidade durante o aquecimento. Já o maior valor de viscosidade mínima das farinha extrudadas de arroz vermelho integral foi encontrado no tratamento 6 (903,00 cP) e pode ser explicada pelo aumento da temperatura do processo (135°C) que favorecem o processo de gelatinização dos grânulos de amido. Altas viscosidades são típicas de um produto gelatinizado, enquanto que baixas viscosidades, com umidade menor, indicam quebra de polímero.

d) Quebra de Viscosidade

A quebra de viscosidade corresponde à diferença entre o pico de viscosidade e a viscosidade mínima. Através desta propriedade é possível avaliar a estabilidade do amido em elevadas temperaturas, por ação da agitação mecânica (LUSTOSA, et. al., 2009).

Os resultados de quebra de viscosidade para as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral variaram de 340,50 a 33,48 cP, mostrando uma diferença significativa entre as amostras e as condições utilizadas.

e) Viscosidade Final

A retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, decorrente do agrupamento das partes lineares das moléculas do amido, principalmente amilose, através da formação de novas ligações de hidrogênio (CARVALHO et. al., 2002), resultando, assim, na formação de precipitado e ou géis.

Conforme passa o tempo da gelatinização, e a temperatura diminui, as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair, levando a um processo chamado sinérese, que é a perda de água pelo sistema. Essa recristalização ou retrogradação ocorre quando as cadeias de amilose, mais rapidamente que as de amilopectina, agregam-se formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio. Durante o esfriamento e/ou envelhecimento, estas hélices formam estruturas cristalinas tridimensionais elevadamente estáveis (LOBO; SILVA, 2003).

Observando a Tabela 15, verifica-se que as amostras apresentaram de uma forma geral, valores maiores de viscosidade final e tendência a retrogradação do que viscosidade máxima a 95°C e viscosidade de manutenção a temperatura de cocção (viscosidade mínima). Elevados valores de viscosidade final indicam elevada retrogradação do amido no produto final.

O maior valor de viscosidade final das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral (1652,52 cP) foi encontrada no tratamento 6 (22% umidade e 135°C) que também apresentou o maior valor de viscosidade máxima. Estes altos valores de viscosidade máxima e final podem ser atribuídos a alta proporção de grânulos de amido que ainda se encontram intactos.

Observa-se que ao se trabalhar com teores menores de umidade e menores de temperatura (Tratamento 8) obtêm-se os melhores resultados. Os produtos obtidos por esses tratamentos podem ter sua viscosidade reduzida após o resfriamento.

f) Tendência à Retrogradação

A tendência à retrogradação mede a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade após o pico. Esta propriedade permite avaliar o comportamento do amido durante a fase de resfriamento.

De acordo com Carvalho, Ascheri e Cal-Vidal (2002), a retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, em virtude do agrupamento das partes lineares das moléculas do amido através da formação de novas ligações de hidrogênio, resultando na formação de precipitados e/ou géis (GUTKOSKI, 2000). O efeito dessa retrogradação implica diretamente no aumento da viscosidade final.

Através dos coeficientes de regressão apresentados na Tabela 15 observa-se que o coeficiente de determinação explica 73,63 % da variação total da variável resposta em torno da média e 26,37 % atribui-se aos resíduos.

Os resultados apresentados na Tabela 18 mostram que a média foi altamente significativa, ao nível de 0,1 % de probabilidade, demonstrando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

Com relação às variáveis, verifica-se que houve contribuição linear da umidade ($p < 0,05$), que apresentou efeito positivo indicando que a variação do valor da tendência à retrogradação foi diretamente proporcional ao aumento da umidade.

Tabela 18 Coeficientes de regressão para Tendência à retrogradação das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral

Fatores	Teste F	Coefficiente de Regressão	p - valor
Média	---	5,33 E+02	3,61 E-06 ^{**}
X1 (L)	5,65 E-01	2,43 E+01	4,77 E-01 ^{ns}
X1 (Q)	1,01 E+00	3,49 E+01	3,46 E-01 ^{ns}
X2 (L)	1,75 E+01	1,35 E+02	4,10 E-03 [*]
X2 (Q)	2,43 E-01	-1,71 E+01	6,37 E-01 ^{ns}
X1 X2	3,46 E-02	-8,49 E+00	8,58 E-01 ^{ns}
R²		0,7363	

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

(L)= Linear;

(Q)= Quadrático;

--- Não determinado;

^{ns.} = Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{*} = Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

^{**} = Significativo ao nível de 0,1 % de probabilidade.

Para a elaboração da equação do modelo matemático reparametrizado proposto para as variáveis independentes codificadas (Equação 18) foram utilizados somente os termos estatisticamente significativos (Tabela 18).

$$\text{Tendência à Retrogradação} = 532,99 + 135,16X_2 \quad (18)$$

A ANOVA para a tendência à retrogradação pode ser observada na Tabela 19.

Tabela 19 ANOVA para tendência à retrogradação

Fonte Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Fcal	Ftab	p-valor
Regressão	1,47 E+05	1	1,47 E+05			
Resíduo	7,39 E+04	11	6,72 E+03	2,19 E+01	4,84 E+00	8,33 E-01
Total	2,21 E+05	12				

Analisando a Tabela 19, verificou-se que o F calculado foi maior do que o F tabelado e a porcentagem de variação explicada foi de 73,63%. Isto mostra que o modelo obtido foi significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A Figura 12 representa o efeito das variáveis temperatura e umidade na tendência à retrogradação.

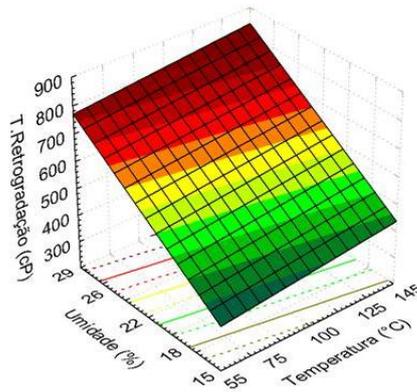


Figura 12 Efeito das variáveis independentes temperatura da 3ª zona do extrusor (°C) e umidade inicial (%) no valor da tendência à retrogradação das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral.

De acordo com a Figura 12, nota-se que a umidade exerce uma contribuição diretamente proporcional à tendência à retrogradação, este comportamento é comprovado através do efeito linear positivo da variável umidade. Esta foi a única variável que contribuiu significativamente.

4.2.3 Difração em raio X

Durante o cozimento por extrusão, o amido apresenta inicialmente uma forma granular, é progressivamente comprimido e transformado em um material denso, sólido e compacto, desaparecendo sua estrutura cristalina e granular (ASCHEI, 1997).

Observando a Tabela 20 nota-se que os tratamentos 2 e 3 apresentaram os menores valores para cristalinidade indicando que o processo de extrusão proporcionou grandes mudanças nestes materiais tendo em vista que o processo de cocção sofrido pelos produtos extrudados diminui a cristalinidade.

Tabela 20 Cristalinidade das farinhas extrudadas

Tratamentos	X ₁	X ₂	Cristalinidade (%)
1	75	18	30,40 ^b
2	75	26	17,80 ^m
3	125	18	17,60 ⁿ
4	125	26	21,20 ^k
5	65	22	20,30 ^l
6	135	22	26,60 ^e
7	100	16	29,60 ^c
8	100	28	22,40 ^j
9 (C)	100	22	27,00 ^d
10 (C)	100	22	23,90 ^h
11 (C)	100	22	26,60 ^e
12 (C)	100	22	23,60 ⁱ
13 (C)	100	22	25,40 ^f
ABP	100	22	24,40 ^g
AVI	----	----	44,20 ^a

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

AVI= Farinha de arroz vermelho integral;

ABP = Farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

4.2.4 Densidade por picnometria

A densidade ou massa específica é um importante parâmetro físico-químico usado na caracterização de materiais e é definida como sendo a razão entre a massa e o volume ocupado por um corpo ou substância. A densidade é denominada aparente, quando inclui no cálculo do volume, os espaços vazios que podem existir no interior da amostra; e, é denominada absoluta, verdadeira, real ou de partícula quando no cálculo do volume se considera apenas a parte sólida da amostra, livre dos espaços vazios (OLIVEIRA JR. et al., 2010).

Os resultados da densidade absoluta da matéria-prima e das farinhas extrudadas estão apresentados na Tabela 21.

Tendo em vista a definição acima, os valores da densidade absoluta das amostras analisadas foram maiores do que os da densidade aparente (Tabela 8) como já era de se esperar.

O maior valor de densidade absoluta das farinhas analisadas foi 1,480 g/cm³ encontrado para a farinha extrudada de arroz branco polido T9 (22% umidade e 100°C), seguido das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral T2 (26% umidade e 75°C) e T1 (18% umidade e 75°C) com 1,468 e 1,467 g/cm³, respectivamente.

Tabela 21 Resultados da densidade absoluta das farinhas extrudadas

Tratamentos	X ₁	X ₂	Densidade Absoluta (g/cm ³)
1	75	18	1,467 ^{bc}
2	75	26	1,468 ^{bc}
3	125	18	1,465 ^{bcd}
4	125	26	1,460 ^{cdef}
5	65	22	1,458 ^{cdef}
6	135	22	1,460 ^{cdef}
7	100	16	1,456 ^{def}
8	100	28	1,455 ^{ef}
9 (C)	100	22	1,465 ^{bcd}
10 (C)	100	22	1,474 ^{ab}
11 (C)	100	22	1,462 ^{cde}
12 (C)	100	22	1,452 ^f
13 (C)	100	22	1,455 ^{def}
ABP T9	----	----	1,480 ^a
AVI	----	----	1,461 ^{cdef}

X₁= Temperatura (°C);

X₂= Umidade (%);

ABP T9 =Farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

AVI= Farinha de arroz vermelho integral;

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

4.2.5 Análise de varredura dinâmica oscilatória

Os resultados das análises de rampa de cisalhamento das sopas em pó estão representados na Figura 13. Durante a análise houve uma redução na viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento. De acordo com a Tabela 22, as amostras ajustaram-se melhor ao modelo de Herschel Bulkley, já que o fator de correlação (R^2), está próximo a 1 (0.9645-0.9998). O modelo de Herschel Bulkley é regido pela equação $\tau = \tau_0 + K.\gamma^n$, onde: τ é a tensão de cisalhamento, K é o índice de consistência de fluxo, γ é a taxa de cisalhamento e n é o índice de comportamento de fluxo, onde o valor de n é responsável pela distinção do comportamento de fluido do material. Quando $n < 1$, o fluido é pseudoplástico, enquanto que se $n = 1$, o fluido é newtoniano e $n > 1$, dilatante. Portanto pode-se concluir que as amostras possuem um comportamento pseudoplástico já que todos os resultados apresentaram n menor que 1 (0,0921-0,2902). Os valores do índice de comportamento de fluxo (Tabela 22) obtidos durante a análise indicaram que a temperatura de processo influencia no comportamento de fluxo, pois a baixa temperatura, n apresentou valores menores, indicando um comportamento mais pseudoplástico. Além da temperatura, a umidade também influenciou no comportamento de fluxo, pois a baixas temperaturas as amostras com maior teor de umidade apresentaram um comportamento mais pseudoplástico. Vale ressaltar que a farinha extrudada de arroz branco polido apresentou o comportamento mais pseudoplástico ($n=0,0921$). Esse comportamento pseudoplástico pode ser explicado pela orientação progressiva das moléculas solúveis de amido na direção do fluxo, bem como a ruptura do sistema de ligação intra e intermolecular na rede de amido que aumenta a sensibilidade à força de cisalhamento (SUN; YOO, 2011).

Os valores do índice de consistência ($K=165,70-445 \text{ E}+02 \text{ Pa.s}$) (Tabela 22) indicaram que as amostras processadas a altas temperaturas apresentaram maiores valores de K sendo que as amostras processadas com valores maiores de umidade e baixa temperatura apresentaram menor índice de consistência. Já nas amostras processadas com valores intermediários de umidade, o índice de consistência se apresentou maior em baixas temperaturas.

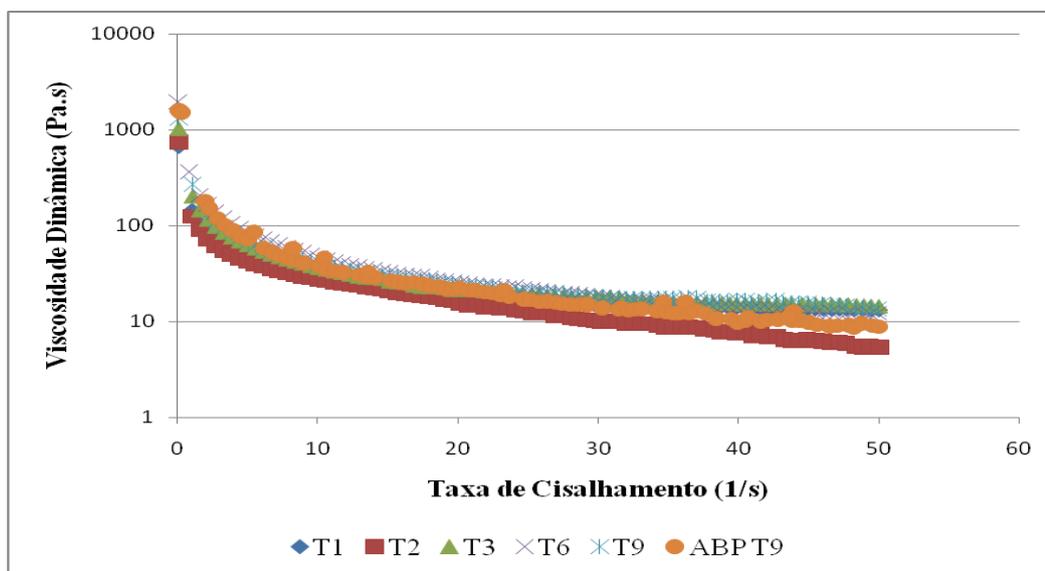


Figura 13 Viscosidade dinâmica em função da taxa de cisalhamento das farinhas extrudadas dos tratamentos T1 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18% umidade/75 °C), T2 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 26 % umidade/75 °C), T3 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18 % umidade/125 °C), T6 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/135 °C), T9 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/100 °C) e ABP T9 (Farinha extrudada de arroz branco polido - 22 % umidade/100 °C)

Tabela 22 Valores do índice de consistência (K), do índice de comportamento de fluido (n), do fator de correlação (R^2)

Amostras	Temperatura (°C)	Umidade (%)	K (Pa.s)	n	R^2
T1	75,0	18,0	177,00	0,2547	0,9995
T2	75,0	26,0	165,70	0,2169	0,9994
T3	125,0	18,0	220,10	0,2902	0,9998
T6	135,0	22,0	232,00	0,2850	0,9990
T9	100,0	22,0	250,60	0,2843	0,9989
ABP T9	100,0	22,0	445 E+02	0,0921	0,9645

T1; T2; T3; T6 e T9 = Farinhas extrudadas de arroz vermelho integral;
 ABP T9 = Farinha extrudada de arroz branco polido.

O teste de fluência e recuperação é um teste de viscoelasticidade que permite diferenciar, de forma bastante satisfatória, as respostas elásticas e viscosas. De forma diferente das medições de força normal, que mostram a dependência entre a taxa de cisalhamento e a viscosidade ou a elasticidade, o ensaio de fluência e recuperação introduz um parâmetro adicional de tempo de resposta (dependente da tensão) para o comportamento

elástico ou viscoso de sólidos e de fluidos (SCHRAMM, 2006). É também realizado para fornecer informações adicionais sobre as propriedades reológicas das amostras extrudadas. Em um teste de fluência e recuperação uma tensão instantânea é aplicada, a amostra se deforma rapidamente, após um determinado período de tempo essa tensão é retirada, a fração elástica é recuperada e a fração viscosa é se perde em forma de energia (CALDAS, 2013).

A taxa de recuperação (%) foi utilizada nesse trabalho para identificar o percentual de recuperação das pastas das farinhas extrudadas (Tabela 23). As amostras processadas a baixas temperaturas apresentaram taxas de recuperação maiores.

As amostras T1, T9 e ABP T9 apresentaram uma grande taxa de recuperação, revelando elevados percentuais de elasticidade 99,81, 97,50 e 94,42%, respectivamente como pode ser observado na Tabela 23.

Tabela 23 Percentual de elasticidade

Amostras	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Elasticidade (%)
T1	75,0	18,0	99,81
T2	75,0	26,0	80,79
T3	125,0	18,0	86,50
T6	135,0	22,0	79,88
T9	100,0	22,0	97,50
ABP T9	100,0	22,0	94,92

T1; T2; T3; T6 e T9 = Farinhas extrudadas de arroz vermelho integral;
 ABP T9 = Farinha extrudada de arroz branco polido.

Wang e Sun (2002) explicam que a tensão máxima de fluência pode ser usada para descrever a rigidez do material. Eles também verificaram que massas mais fortes, com maior resistência à deformação apresentaram tensões de deformação menores do que as massas mais suaves. Analisando a Figura 14, entre as 06 farinhas extrudadas, a amostra T2 apresentou menor tensão de deformação e maior resistência.

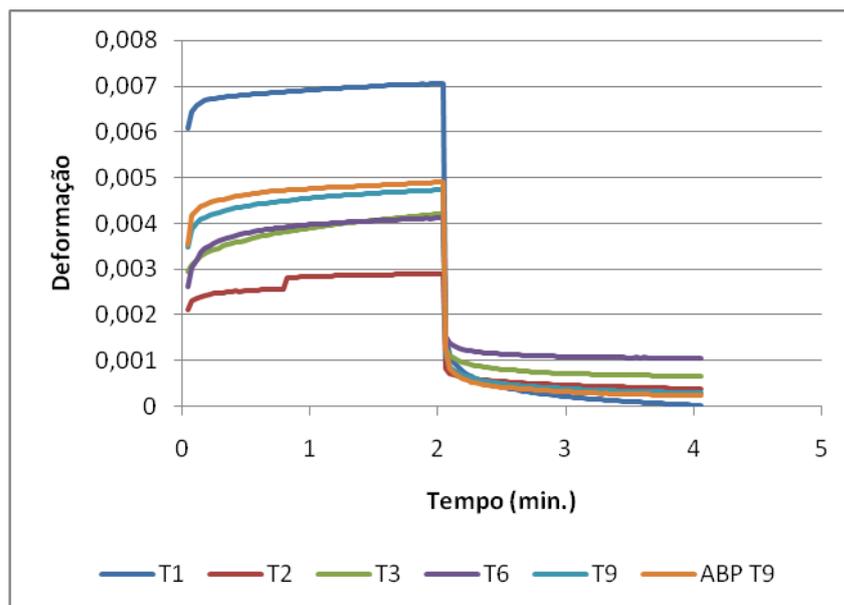


Figura 14 Comportamento de fluência e recuperação das farinhas extrudadas dos tratamentos T1 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18% umidade/75 °C), T2 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 26 % umidade/75 °C), T3 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18 % umidade/125 °C), T6 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/135 °C), T9 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/100 °C) e ABP T9 (Farinha extrudada de arroz branco polido - 22 % umidade/100 °C)

4.3 Formulação das sopas instantâneas

Uma vez que as características tecnológicas são primordiais para a obtenção de uma farinha pré-gelatinizada de qualidade, a escolha das farinhas pré-gelatinizadas que serviram de base para a formulação das sopas instantâneas foi realizada com base no índice de solubilidade em água, viscosidade máxima e tendência à retrogradação, sendo as duas últimas escolhidas porque foram as únicas propriedades viscoamilográficas em que as variáveis independentes avaliadas exerceram influencia nas amostras.

Considerando que, para produtos de rápido preparo, é interessante que a farinha apresente alto índice de solubilidade de água, valores intermediários de viscosidade máxima e valores menores para tendência à retrogradação, os tratamentos 1, 2, 3 e 9 (Figura 15) foram considerados adequados para servirem de base para a formulação das sopas instantâneas. Embora, o tratamento 6 não apresente tais características, o mesmo também foi escolhido para fins de estudos uma vez que nas análises sensoriais é importante o uso de uma amostra não características para elucidar possíveis dúvidas da equipe de provadores.

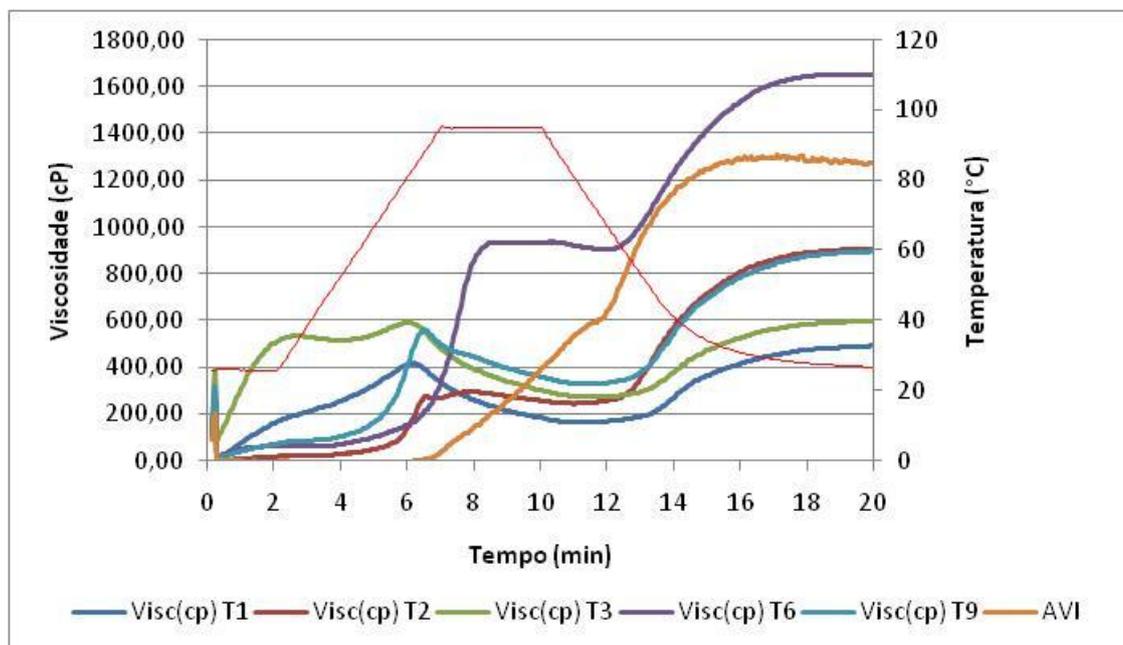


Figura 15 Perfis das curvas de viscosidade de pasta dos tratamentos 1 (18% umidade/75 °C), 2 (26 % umidade/75 °C), 3 (18 % umidade/125 °C), 6 (22 % umidade/135 °C), 9 (22 % umidade/100 °C) e farinha de arroz vermelho integral (AVI).

4.4 Caracterização da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas

4.4.1 Classificação granulométrica

Os resultados da distribuição granulométrica da matéria-prima e das farinhas extrudadas utilizadas nas formulações das sopas em pó estão apresentados nas Figuras 16 e 17, respectivamente.

Segundo Linden e Lorient (1994), o processo de moagem influencia na qualidade final dos produtos elaborados. Espera-se que o material a ser extrudado obtenha o maior número de partículas homogêneas uma vez que a uniformidade das partículas exerce influência no condicionamento das amostras. Este fato está relacionado com o fato de partículas com tamanhos variados apresentarem proporções e taxas de absorção de água diferentes. Sabe-se que partículas menores absorvem água a uma velocidade mais rápida segundo o princípio de difusividade da água (ASCHERI, 2007).

Além disso, a uniformidade das partículas possibilita um condicionamento uniforme da matéria-prima que é primordial no processo de extrusão, pois influencia no cozimento do produto elaborado. Quanto mais uniforme o tamanho das partículas na matéria-prima, mais adequado e uniforme será o seu cozimento o que resultará num produto final com um grau de cocção mais uniforme (ASCHERI, 2007).

O tamanho das partículas também interfere de forma direta nas características sensoriais dos produtos elaborados, tais como aparência, sabor e textura (LINDEN; LORIENT, 1994).

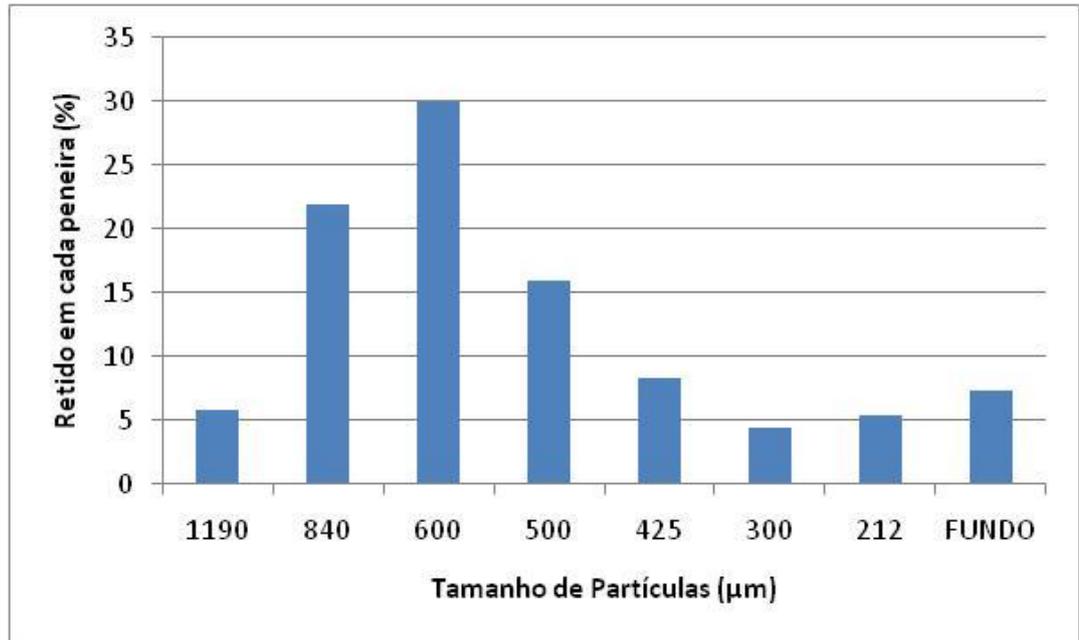


Figura 16 Classificação granulométrica da farinha de arroz vermelho integral (matéria-prima)

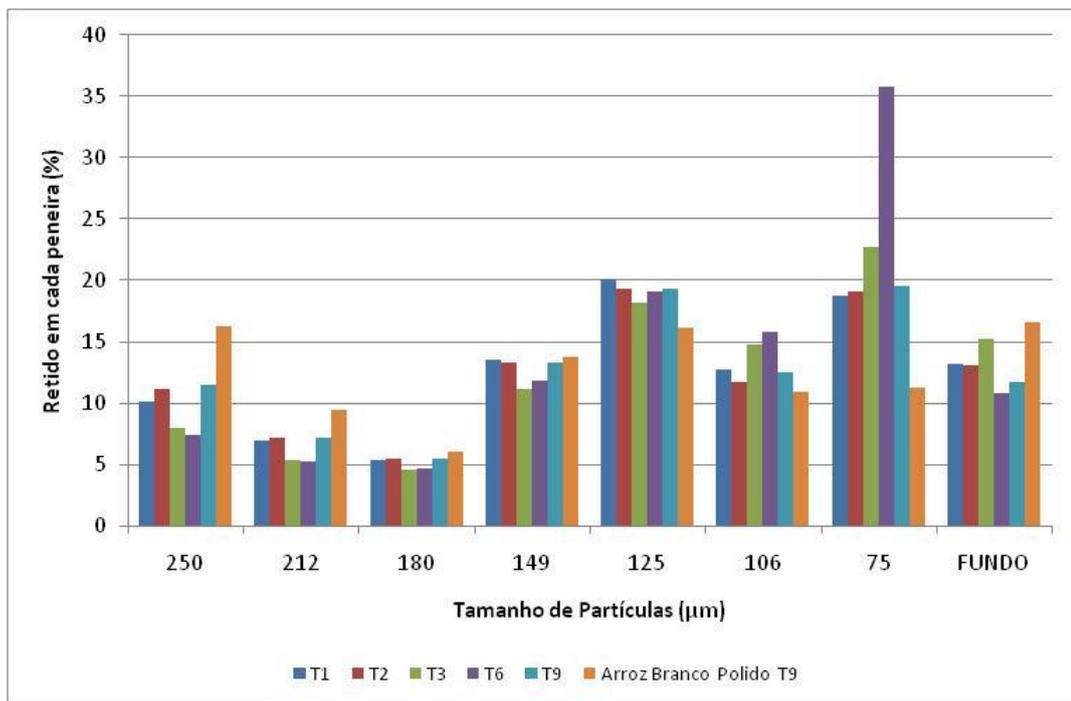


Figura 17 Classificação granulométrica das farinhas extrudadas dos tratamentos T1 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18% umidade/75 °C), T2 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 26 % umidade/75 °C), T3 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 18 % umidade/125 °C), T6 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/135 °C), T9 (Farinha extrudada de arroz vermelho integral - 22 % umidade/100 °C) e ABP T9 (Farinha extrudada de arroz branco polido - 22 % umidade/100 °C)

A matéria prima ficou retida, em sua maioria, na peneira de 28 mesh (600 μm). Já as farinhas extrudadas, de um modo geral, ficaram retidas nas peneiras de 120 e 200 mesh (125 e 75 μm) apresentando uma distribuição bastante similar entre si. A diferença granulométrica observada entre a matéria-prima e as farinhas extrudadas se deu pelo processo de moagem. A matéria-prima foi moída apenas em um moinho de disco no nível 2 da marca Perten (Suíça) enquanto que as farinhas extrudadas foram moídas no moinho acima e posteriormente em um moinho de facas martelo equipado com peneira de abertura de 1 mm da marca TREU (Rio de Janeiro, Brasil) o que contribuiu para diminuição da granulometria.

Analisando a Figura 18 nota-se que as sopas em pó também apresentaram uma distribuição granulométrica similar entre si e ficaram retidas, em sua maioria, nas peneiras de 140 e 200 mesh (106 e 75 μm). Este resultado era esperado tendo em vista que as sopas foram formuladas com as mesmas quantidades de ingredientes diferindo-se apenas pela farinha extrudada utilizada.

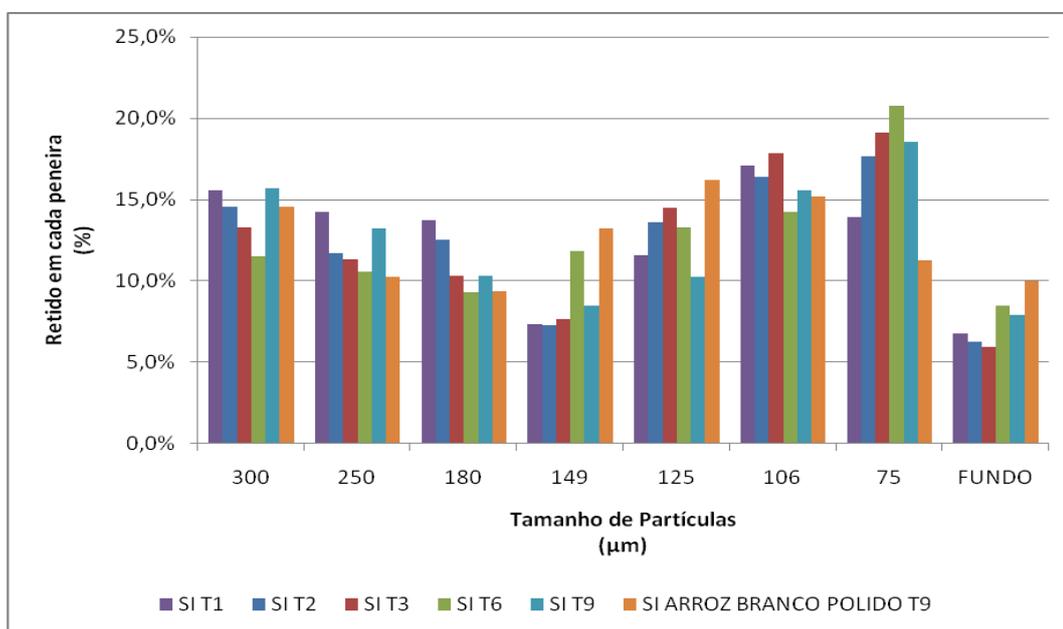


Figura 18 Classificação granulométrica das sopas em pó, sendo: SI T₁ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 75°C e 18% umidade); SI T₂ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 75°C e 26% umidade); SI T₃ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 125°C e 18% umidade); SI T₆ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 135°C e 22% umidade); SI T₉ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral - 100°C e 22% umidade); SI ABP T₉ (Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido - 100°C e 22% umidade)

4.4.2 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas são mostrados na Tabela 24.

É evidente que as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral se destacaram nas frações proteína, extrato etéreo e cinzas quando comparadas com a farinha extrudada de arroz branco polido.

Tabela 24 Composição centesimal da matéria-prima, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas

Composição Centesimal	Farinha de Arroz Vermelho Integral	Farinhas Extrudadas						Sopas Instantâneas					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₆	T ₉	ABP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₆	T ₉	ABP
Umidade ^{**}	10,57 ^a	4,25 ^e	5,12 ^d	7,96 ^b	3,08 ^{fg}	3,82 ^{ef}	6,49 ^c	3,28 ^{fg}	3,64 ^{ef}	4,05 ^{ef}	2,34 ^h	2,66 ^{gh}	4,26 ^e
Proteína ^{**}	9,43 ^{de}	9,60 ^{cd}	9,95 ^{ab}	9,49 ^d	10,00 ^{ab}	10,06 ^{ab}	7,30 ^f	10,23 ^{ab}	10,23 ^{ab}	10,35 ^a	9,95 ^{bc}	10,12 ^{ab}	9,08 ^e
Extrato Etéreo ^{**}	2,21 ^e	0,84 ^f	0,98 ^f	0,75 ^f	0,97 ^f	0,82 ^f	0,75 ^f	4,97 ^{bc}	5,04 ^{abc}	5,21 ^{ab}	5,31 ^a	4,22 ^d	4,80 ^c
Cinzas ^{**}	1,34 ^e	1,55 ^d	1,44 ^{de}	1,41 ^{de}	1,62 ^d	1,51 ^{de}	0,38 ^f	7,38 ^{ab}	7,26 ^{bc}	7,50 ^a	7,31 ^{ab}	7,08 ^c	7,23 ^{bc}
Carboidratos ^{**}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	63,43 ^d	62,50 ^e	62,20 ^f	65,18 ^b	65,04 ^c	65,61 ^a
Fibra Alimentar ^{**}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	10,71 ^c	11,33 ^a	10,69 ^c	9,91 ^d	10,88 ^b	9,02 ^e
Sódio ^{***}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2188,81 ^a	2295,33 ^a	2372,21 ^a	2248,62 ^a	2164,37 ^a	2217,66 ^a
Valor Calórico ^{****}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	339,31 ^d	336,28 ^e	337,09 ^f	348,31 ^b	338,62 ^c	341,96 ^a

T₁ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);

T₂ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);

T₃ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);

T₆ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);

T₉ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

ABP = Farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

----- = Não determinado;

* Proteínas (Nitrogênio total x Fator de conversão). O fator de conversão de nitrogênio utilizado foi 5,75;

* Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05);

** g/100g em base seca;

*** mg/100g;

**** kcal/100g.

A matéria-prima apresentou 10,57% de umidade. Segundo Leitão et al. (1990), farinhas acima de 14% de umidade podem apresentar problemas quanto ao armazenamento e tendência à formação de grumos. Tendo em vista o resultado encontrado, pode-se dizer que a matéria-prima apresentou umidade adequada ao processamento.

Em relação à umidade das farinhas extrudadas, observa-se que em todos os tratamentos houve redução significativa no teor de umidade. Este mesmo comportamento foi observado também nas sopas instantâneas.

Ao avaliar o teor de proteína presente na matéria-prima, nas farinhas extrudadas e na sopa em pó, de um modo geral, as sopas em pó apresentaram um maior teor de proteína, variando entre 10,35 e 9,08%. Este acréscimo no teor de proteína é explicado pela utilização de concentrado proteico de soro de leite na formulação das sopas.

Bôenio (2008), ao caracterizar a qualidade de diferentes genótipos de arroz vermelho (grão cru), encontrou um teor de proteína variando de 6,21 a 7,02%.

O teor de proteína observado na farinha de arroz vermelho integral neste estudo (9,43%) foi superior aos valores encontrados na literatura que variam entre 5,71 e 9,36% (ASCHERI et al., 2012; BÔENIO, 2008; HEINEMANN et al., 2005; IBGE, 1999; LIMA et al., 2000; NEPA, 2011; USP, 2008; WALTER, 2009). Esta variação no conteúdo protéico pode ser explicada pelas diferentes características genótípicas dos grãos de arroz, pelo tipo de adubação e pela radiação solar e temperatura durante o desenvolvimento do grão (BÔENIO, 2008; HEINEMANN et al., 2005; KENNEDY; BURLINGAME, 2003; VELOSO NAVES, 2007; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O menor teor de proteína foi encontrado na farinha extrudada de arroz branco polido (7,30%). Este valor está de acordo com os encontrados na literatura que diz que o conteúdo protéico do arroz (grão cru) é, em média, de 7,5% (base úmida) e pode oscilar entre 5% e 13% pelas diferenças varietais (KENNEDY; BURLINGAME, 2003; VELOSO NAVES, 2007; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Isto explica o fato da sopa formulada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido apresentar conteúdo protéico inferior as demais sopas. Heinemann et al., 2005, ao avaliarem amostras comerciais de arroz cru com pericarpo marrom integral, parboilizado e polido, encontraram teor de proteína variando entre 5,71% e 7,42%. Sendo que o arroz polido apresentou menor conteúdo proteico. Tal fato é explicado devido à distribuição não uniforme dos nutrientes nas diferentes frações do grão. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibra, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Sendo assim, já era de se esperar uma quantidade menor de proteína na sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido.

O teor de extrato etéreo da farinha de arroz vermelho integral foi de 2,21% sendo este valor próximo ao encontrado por Ascheri et al. (2012) ao avaliar diferentes genótipos de arroz vermelho que observou valores variando entre 1,6 e 2,30%, porém, foi superior aos encontrados por Bôenio (2008) para diferentes genótipos de arroz vermelho que variaram de 1,44 a 2,09%, por Lima et al. (2000) para arroz vermelho que foi de 1,29% e para o arroz branco integral que variou de 1,9 a 2,04, segundo IBGE (1999); NEPA (2011) e USP (2008). Porém, inferior aos teores encontrados por Walter (2009) ao avaliar 16 variedades de arroz vermelho integral que variaram de 2,62 e 3,35%. Dentre as farinhas extrudadas, a de arroz branco polido foi a que obteve o menor conteúdo lipídico (0,75%). Este valor está próximo àqueles reportados por Ilo, Liu e Berghofer (1999), Murthy; Rey; Belon (2007) e Teba (2009), que foram 0,77 %, 0,80% e 0,72%, respectivamente, e superior aos 0,62% encontrados por Mendonça (2005) e aos 0,63% relatados por Nabeshima; Hashimoto; El-Dash (2003). O

conteúdo de lipídeos do arroz polido é baixo, pois a maior parte deste componente se encontra nas camadas periféricas dos grãos, sendo, portanto, perdidas no processo de polimento.

Já as sopas em pó apresentaram alto teor de extrato etéreo (Tabela 24) quando comparadas a matéria-prima e às farinhas extrudadas. O aumento do teor de lipídeos nas sopas em pó ocorreu, basicamente, devido ao uso de gordura vegetal em pó nas formulações.

O conteúdo de cinzas é um fator de extrema importância na qualidade tanto da matéria-prima quanto do produto final. Em material farináceo, de acordo com Mitchell e Arêas (1992), quanto maior é o seu teor, pior será a qualidade do produto final quanto à coloração e ao cozimento.

O teor de cinzas encontrado para farinha de arroz vermelho integral (Tabela 24) se aproxima dos valores encontrados na literatura para arroz vermelho integral 1,1 a 1,30% (ASCHERI et al., 2012) e para arroz integral cru 1,19 e 1,30 g/100g (IBGE, 1999; NEPA, 2011; USP, 2008) e foi superior aos relatados por Bôenio (2008), 0,94 a 1,19%, ao avaliar diferentes genótipos de arroz vermelho e por Lima et al. (2000) ao avaliarem arroz vermelho (0,55%).

As farinhas extrudadas apresentaram teor de cinzas variando de 0,38 a 1,62%. Sendo a farinha extrudada de arroz branco polido àquela com menor conteúdo de cinzas. Teba (2009) ao avaliar o teor de cinzas de farinha extrudada de arroz branco polido encontrou um teor de 0,45% que se aproxima dos valores observados por Vieira et al. (2008), que fora 0,42%, Ilo, Liu e Berghofer (1999), que obtiveram 0,47% e Nabeshima, Hashimoto e El-Dash (2003), que encontraram teor de 0,49%. Porém, as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral se destacaram no conteúdo de cinzas quando comparadas com as farinhas extrudadas de arroz branco polido. Esse fato pode ser atribuído à maior quantidade de minerais presentes no arroz vermelho integral. Já as sopas apresentaram conteúdo similar de cinzas quando comparadas entre si.

O teor de carboidrato das sopas em pó variou de 62,20 a 65,61 g/100g sendo estes valores correspondentes as amostras SI T3 e SI ABP T9, respectivamente. Já o teor de fibra alimentar variou de 9,02 a 11,33 g/100g, SI ABP T9 e SI T2 respectivamente. O conteúdo de fibras foi maior nas sopas formuladas com arroz vermelho integral quando comparadas com a sopa formulada com arroz branco polido como já era esperado, uma vez que os grãos integrais apresentam maior teor de fibra alimentar. O valor calórico variou de 337,09 a 341,96 kcal, SI ABP T9 e SI T3.

Foi verificado um teor significativo e similar de sódio entre as amostras de sopa, o que indica que o sódio presente é proveniente da quantidade de cloreto de sódio, glutamato monossódico e carboximetilcelulose utilizados nas formulações.

4.4.3 Composição em mineral

A composição em minerais (mg/100g, em base seca) da matérias-prima das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas está disposta na Tabela 25.

Analisando o conteúdo mineral da matéria-prima observou-se que com relação ao teor de potássio, o valor encontrado foi semelhante aos encontrados por Bôenio (2008), em média 260 mg/ 100 g e Itani et al. (2002) (223,6 mg/100g) em arroz vermelho. O teor de magnésio foi superior ao relatado por Bôenio (2008) (70,42 a 85,39 mg/100g) e Itani et al. (2002) (104,5 mg/100g). Já o resultado do teor de cálcio foi inferior aos resultados encontrados por Bôenio (2008) (12,89 a 17,44 mg/100g), Meng; Wei e Yang (2005) (40,58 mg/100g) e Itani et al. (2002) (12,7 mg/100g) e superior ao encontrado por Chan et al. (2007) (5,1 mg/100g).

Tabela 25 Teor de potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), manganês (Mn), ferro (Fe), e zinco (Zn) (mg 100 g⁻¹, em base seca) das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral utilizadas na formulação das sopas instantâneas

Minerais (mg/100g)	Farinha de Arroz Vermelho Integral	Farinhas Extrudadas						Sopas Instantâneas					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₆	T ₉	ABP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₆	T ₉	ABP
Potássio	239,95 ^e	296,35 ^c	284,73 ^{cd}	268,03 ^d	306,09 ^c	287,12 ^{cd}	71,22 ^f	455,02 ^a	450,57 ^a	453,20 ^a	457,88 ^a	473,31 ^a	374,42 ^b
Magnésio	125,65 ^f	152,96 ^b	143,73 ^d	137,30 ^e	158,70 ^a	148,26 ^c	22,22 ^k	104,48 ^h	100,58 ⁱ	98,28 ⁱ	108,56 ^g	103,87 ^h	41,64 ^j
Cálcio	7,20 ^b	9,36 ^b	9,17 ^b	8,15 ^b	9,87 ^b	9,07 ^b	5,74 ^b	187,68 ^a	188,60 ^a	188,42 ^a	194,47 ^a	185,37 ^a	194,35 ^a
Fósforo	325,14 ^{ef}	399,69 ^b	386,34 ^c	364,12 ^d	412,18 ^a	390,25 ^{bc}	104,07 ⁱ	327,43 ^{ef}	318,95 ^{fg}	311,33 ^g	334,72 ^e	330,41 ^e	177,82 ^h
Manganês	2,07 ^b	2,21 ^{ab}	2,13 ^b	2,07 ^b	2,35 ^a	2,17 ^b	1,84 ^c	1,31 ^{de}	1,25 ^e	1,28 ^{de}	1,42 ^d	1,30 ^{de}	1,07 ^f
Ferro	1,65 ^{ab}	1,65 ^{ab}	1,70 ^{ab}	1,75 ^{ab}	1,94 ^a	1,66 ^{ab}	0,71 ^d	1,56 ^{ab}	1,59 ^{ab}	1,47 ^{bc}	1,83 ^{ab}	1,51 ^{bc}	1,12 ^{cd}
Zinco	2,44 ^b	2,57 ^a	2,55 ^{ab}	2,44 ^b	2,60 ^a	2,60 ^a	1,54 ^d	1,75 ^c	1,70 ^c	1,65 ^{cd}	1,77 ^c	1,70 ^c	1,18 ^e

T₁ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);

T₂ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);

T₃ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);

T₆ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);

T₉ = Farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

ABP = Farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O teor de fósforo se encontra dentro daqueles encontrados por Walter (2009) para diferentes genótipos de arroz vermelho (176,2 a 595,0 mg/100g). Para o conteúdo de manganês, o valor encontrado está dentro da faixa descrita por Bôenio (2008) (1,65 a 2,47 mg/100g), entretanto, superior ao reportado por Meng; Wei e Yang (2005) em arroz-vermelho (1,42 mg/ 100 g) e inferiores ao encontrado por Itani et al. (2002), de 3,06 mg/ 100 g. O teor de ferro foi superior ao descrito por Bôenio (2008) (1,01 a 1,22 mg/100g) e inferior ao relatado por Meng; Wei e Yang (2005) em arroz-vermelho (5,32 mg/ 100 g). O teor de zinco foi semelhante ao relatado por Bôenio (2008) (2,14 a 2,31 mg/100g), porém, superior àqueles encontrados por Chan et al. (2007) de 1,7mg/ 100g, e inferiores aos encontrados por Meng; Wei e Yang (2005) (3,02 mg/100 g).

WALTER (2009) observou grande variabilidade no conteúdo de minerais entre diferentes genótipos de arroz vermelho, com variação de 70,4% para fósforo, 96,3% para cálcio, 52,6% para magnésio, 47,7% para potássio, 76,3% para ferro, 62,5% para manganês e 55,1% para zinco. E, para todos os minerais avaliados, observou que alguns genótipos de arroz com pericarpo vermelho apresentam concentração significativamente maior do que o genótipo com pericarpo marrom-claro. Outros pesquisadores também relataram maior concentração de alguns minerais em grãos com pericarpo vermelho, como ferro (MENG; WEI; YANG, 2005) e zinco (YANG et al., 1998). O conteúdo mineral dos grãos de arroz é grandemente influenciado pelo genótipo e pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo (BÔENIO (2008); WALTER, 2009; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Analisando a Tabela 25, observa-se que as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral apresentaram teores consideravelmente superiores dos minerais analisados quando comparadas com a farinha extrudada de arroz branco polido. Este resultado pode ser explicado pelo fato do polimento sofrido pelo arroz branco proporcionar a perda de parte dos minerais, vitaminas, fibra dietética e outras substâncias de relevância nutricional, que se encontram em maior proporção no embrião e no farelo (DENARDIN et al. , 2004). Além disso, observou-se que as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral apresentaram um aumento no teor de potássio, magnésio e fósforo após o processo de extrusão e os teores de cálcio, manganês, ferro e zinco permaneceram inalterados. O tratamento 6 (26% umidade e 135°C) apresentou maior teor de minerais do que as outras amostras de farinhas extrudadas analisadas.

Em geral, as sopas formuladas com as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral apresentaram um teor maior de minerais quando comparadas à formulada com arroz branco polido, principalmente no conteúdo de fósforo e magnésio. Com exceção do teor de cálcio que não apresentou diferença significativa $p < 0,05$ entre as amostras de sopa. Porém, o teor de cálcio encontrado nas sopas em pó foi consideravelmente maior do que aqueles encontrados na matéria-prima e nas farinhas extrudadas. Este acréscimo se deu, principalmente, pela adição de concentrado proteico de soro de leite na formulação das sopas.

O teor de ferro permaneceu praticamente inalterado na farinha extrudada e nas sopas em pó.

Muitos estudos indicam o baixo consumo de alimentos ricos em minerais pela população brasileira (JAIME; MONTEIRO, 2005; LOPES et al., 2005; MONDINI; MONTEIRO, 1994; MONTEIRO, MONDINI; COSTA, 2000), o que é preocupante, pois os mesmos são fundamentais para a manutenção das diversas funções metabólicas do organismo. Desta forma, a ingestão inadequada desses nutrientes pode potencialmente levar a estados de carência nutricional, sendo conhecidas diversas manifestações patológicas por ela produzidas, e colaborar para o agravamento de doenças crônicas não transmissíveis.

Com base nos resultados apresentados em relação à composição em minerais, verifica-se que as sopas elaboradas com farinha de arroz vermelho integral mostraram conter

quantidades significativas maiores de minerais, principalmente o fósforo e o magnésio, quando comparadas com a sopa elaborada com farinha de arroz branco polido, podendo assim contribuir de modo mais expressivo na ingestão diária recomendada destes minerais.

4.4.4 Determinação do teor de Antocianinas

O teor de antocianinas do resíduo do despulpamento da amora utilizado na formulação das sopas em pó está apresentado na Tabela 26.

Devido à alta concentração de antocianinas encontrada no resíduo do despulpamento da amora, utilizou-se o mesmo na formulação das sopas com o objetivo de acrescentar antocianinas no produto elaborado.

Tabela 26 Teor de Antocianinas no resíduo de despulpamento da amora (mg/100g)

Teor de Antocianinas (mg/100g)	Resíduo do Despulpamento de Amora
Cianidina-3-glicosídeo	634,03
Cianidina-3-rutenosídeo	7,33
Antocianina 3	89,27
Antocianina 4	18,90
Antocianina 5	79,95
Antocianinas Totais	829,47

A concentração da antocianina detectada nas amostras de sopa foi muito baixa e só foi possível identificar a antocianina majoritária como mostrado na Tabela 27. O teor média de antocianinas nas sopas variou de 0,96 a 0,11 mg/100g.

Tabela 27 Teor de antocianina das sopas em pó (mg/100g)

Amostras	Cianidina – 3- glicosídeo (mg/100g)
SI T ₁	0,69
SI T ₂	0,96
SI T ₃	0,74
SI T ₆	0,68
SI T ₉	0,11
SI ABP T ₉	~0,11

SI T₁ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);
 SI T₂ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);
 SI T₃ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);
 SI T₆ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);
 SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);
 SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade).

4.5 Caracterização microbiológica das formulações de sopas instantâneas

Os resultados dos testes microbiológicos para as sopas instantâneas à base de farinha extrudada de arroz vermelho estão dispostos no Quadro 4.

Quadro 4 Resultados das análises microbiológicas para coliformes a 35 °C e a 45 °C, bolores, leveduras, *Bacillus cereus* e Salmonella sp. e clostrídio sulfito redutor das sopas em pó

Análises	SOPAS EM PÓ						Legislação*
	SI T1	SI T2	SI T3	SI T6	SI T9	SI ABP T9	
Coliformes a 35°C (NMP.mL ⁻¹)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	10 ²
Coliformes a 45°C (NMP.mL ⁻¹)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	10 ²
Fungos Filamentosos e Leveduras (UFC.mL ⁻¹)	< 1,0 x 10 ¹ estimado	10 ^{3**}					
<i>Bacillus cereus</i> (UFC.mL ⁻¹)	< 1,0 x 10 ²	3x10 ³					
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC.mL ⁻¹)	< 1,0 x 10 ²	10 ^{2**}					
Salmonella sp. Presença/Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Clostrídio Sulfito Redutor	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10 ^{2**}

* Padrões Microbiológicos para Alimentos – RDC nº 12 de 2001 da ANVISA.

** Resolução CNNPA nº 12 de 1978

NMP.mL⁻¹: Número mais provável por mL.

UFC.mL⁻¹: Unidades formadoras de colônia por mL.

O índice de coliformes totais é utilizado para avaliar as condições higiênicas. Sendo assim, a presença de coliformes a 35 °C pode significar contaminação pós processamento, limpezas e sanificações deficientes, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento ou estocagem (LANDGRAF, 1996).

Já o índice de coliformes fecais (45°C) é empregado como indicador de contaminação fecal, ou seja, de condições higiênico-sanitárias deficientes levando-se em conta que população deste grupo é constituída de uma alta população de *Escherichia coli* (PARDI et al., 1995). Devido a sua baixa capacidade de colonização ambiental, a sua presença em alimentos é de grande importância sanitária, pois seria indicativa da possibilidade de contaminação fecal (LANDGRAF, 1996).

Observando o Quadro 4, verifica-se que as sopas em pó atendem à legislação vigente. Outra observação que pode ser feita é em relação à baixa população de fungos filamentosos e leveduras encontrada, o que evidencia que o armazenamento das amostras foi realizado adequadamente.

Segundo Schintu et al. (1996), é possível que os fungos filamentosos causem doenças alimentares, pois determinadas espécies podem produzir micotoxinas na superfície dos alimentos, principalmente quando as condições de armazenamento e conservação são deficientes.

Considerando o controle microbiológico na prevenção das toxinfecções alimentares e contaminações das matérias-primas e alimentos processados, foi avaliada a presença de *Salmonella* e realizou-se a quantificação de *Bacillus cereus*, Estafilococos coagulase positiva e Clostrídio Sulfito Redutor.

Analisando o Quadro 4, observa-se que as sopas em pó analisadas não apresentaram presença de *Salmonella*, enquanto *Bacillus cereus* e Estafilococos coagulase positiva encontraram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Dessa forma, estes produtos analisados podem ser considerados seguros sob o ponto de vista da ocorrência de toxinfecções alimentares.

Avaliando-se os resultados apresentados no Quadro 4, referentes às análises microbiológicas do produto final exigidas pela legislação brasileira, nota-se que todas as sopas em pó analisadas estão de acordo com os padrões microbiológicos vigentes para este tipo de produto, o que indica que houve condições higiênicas e sanitárias satisfatórias durante e após o processamento e, portanto, é seguro o uso das mesmas nas análises sensoriais.

4.6 Avaliação sensorial das sopas instantâneas

4.6.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)

A equipe composta por 7 provadores levantaram 10 atributos para descrever as amostras de sopa em pó sendo eles: solubilidade no momento do preparo, aroma de arroz cozido, aroma de condimento, cor, viscosidade aparente, consistência percebida na boca, sabor de cebola, sabor de condimento, sabor de cereal e gosto salgado. A definição de cada atributo, assim como as suas respectivas referências estão descritos no Quadro 5.

Poucos estudos foram relatados na literatura a respeito da avaliação sensorial descritiva de sopas em pó.

Hong et al. (2010) ao avaliarem as características sensoriais de sopa de carne levantaram 18 atributos, a saber: aroma de carne, aroma de cebolinha, aroma de alho, aroma de batata, aroma de ovo cozido, gosto salgado, gosto doce, gosto amargo, gosto ácido, gosto umami, sabor de carne, sabor de gordura de carne, sabor de cebolinha, sabor de alho, sabor de batata, sabor de ovo cozido, adstringência, gosto metálico.

Verma; Shingh e Chandra (2010) estudaram as características sensoriais e físico-químicas de sopa de farinha de milho enriquecida com soro de leite e também acharam pertinente avaliar os atributos de aparência, cor, consistência e sabor.

Mitchell; Brunton e Wilkinson (2011) levantaram os atributos sensoriais em sopas de legumes e a equipe sensorial levantou doze termos para descrever as amostras de sopa: aroma de cenoura, cor verde, cor amarela, oleosidade da superfície, aparência translúcida, gosto salgado, sabor de pimenta, sabor doce, sabor de cebola, sabor global, complexidade do sabor global e sabor residual.

Rahman; Saifullah e Islam (2012) avaliaram o efeito da concentração de pó de peixe na formulação de sopa de peixe em pó. Para avaliação da aceitação dos produtos, levou em consideração os atributos de cor, consistência e sabor.

Observa-se que os atributos considerados relevantes nos estudos citados acima foram similares aos deste estudo.

Quadro 5 Atributos sensoriais, definições e referências utilizadas na ADQ das seis amostras de sopa em pó

Atributos	Definição	Referências
Solubilidade		
Solubilidade no momento do preparo	Associado à facilidade e ao tempo de solubilidade no momento do preparo.	Pouco: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz branco polido submetida ao tratamento 3. Muito: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz branco polido submetida ao tratamento 9.
Aroma		
Arroz Cozido	Aroma associado aos compostos voláteis liberados pelo cozimento do arroz.	Ausente: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral submetida ao tratamento 9.
Condimento	Aroma associado à presença de temperos e cebola	Pouco: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz branco polido submetida ao tratamento 1. Muito: Sopa comercial sabor cebolas douradas.

Quadro 5 Continuação

Aparência		
Cor	Tonalidade conferida as sopas pelas farinhas de arroz.	Clara: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz branco polido submetida ao tratamento 9. Escura: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral submetida ao tratamento 1.
Viscosidade aparente	Associada a facilidade e rapidez com que as amostras retornam a sua posição inicial ao serem inclinadas no copo.	Pouco: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa comercial sabor cebolas douradas.
Consistência		
Consistência percebida na boca	Percepção na boca da fluidez da sopa.	Pouco: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa comercial sabor cebolas douradas.
Sabor		
Cebola	Sabor associado a tempero de cebola e cebola desidratada.	Pouco: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa comercial sabor cebolas douradas.
Condimento	Sabor associado à temperos.	Pouco: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa comercial sabor cebolas douradas.

Quadro 5 Continuação

Sabor		
Cereal	Sabor associado à arroz cozido.	Pouco: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa preparada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral submetida ao tratamento 9.
Gosto salgado	Gosto associado à percepção do cloreto de sódio.	Pouco: Sopa comercial sabor cebolas douradas preparada com diluição 1:2 (uma parte de sopa para duas de água). Muito: Sopa comercial sabor cebolas douradas.

O desempenho dos provadores foi analisado por meio dos valores de p F amostras e p F repetições, que estão apresentados nas Tabelas 28 e 29, respectivamente. Os provadores que apresentaram valores de $F_{amostras}$ significativo $p \leq 0,30$ para os atributos solubilidade no momento do preparo, viscosidade aparente e consistência percebida na boca e $F_{repetições}$ não significativo $p \geq 0,05$, além de consenso com os demais membros da equipe, foram selecionados para a análise das amostras.

Tabela 28 Valores de p de $F_{amostras} \leq 0,30$ da análise de variância para cada provador, por atributo

Atributos	Provadores						
	1	2	3	4	5	6	7
Solubilidade	0,000	0,008	0,183	0,001	0,007	0,021	0,474
Aroma Arroz Cozido	0,556	< 0,0001	0,929	0,469	0,007	0,000	0,465
Aroma Condimento	0,156	0,188	0,394	0,814	0,330	0,002	0,145
Cor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	< 0,0001
Viscosidade Aparente	0,042	0,109	0,006	0,043	0,014	0,147	0,004
Consistência na boca	0,004	0,370	0,093	0,109	0,023	0,188	0,013
Sabor Cebola	0,349	0,310	0,094	0,218	0,582	< 0,0001	0,724
Sabor Condimento	0,027	0,424	0,762	0,337	0,501	0,034	0,728
Sabor Cereal	0,194	< 0,0001	0,153	0,528	< 0,0001	0,002	0,493
Gosto Salgado	0,228	0,110	0,383	0,529	0,530	0,371	0,760

*Os números em negrito representam as correlações não significativas ($\alpha=0,30$).

Tabela 29 Valores de p de $F_{\text{repetições}} \geq 0,05$ da análise de variância para cada provador, por atributo

Atributos	Provedores						
	1	2	3	4	5	6	7
Solubilidade	0,000	0,198	0,856	0,414	0,854	0,058	0,398
Aroma Arroz Cozido	0,130	0,599	0,911	0,107	0,355	0,888	0,212
Aroma Condimento	0,048	0,001	0,193	0,280	0,878	0,384	0,050
Cor	0,821	0,291	0,905	0,493	0,173	0,616	0,362
Viscosidade Aparente	0,006	0,227	0,035	0,227	0,482	0,655	0,189
Consistência na boca	< 0,0001	0,153	0,300	0,620	0,326	0,764	0,212
Sabor Cebola	0,006	0,121	0,018	0,997	0,903	0,232	0,984
Sabor Condimento	0,000	0,326	0,219	0,490	0,601	0,377	0,349
Sabor Cereal	0,013	0,169	0,168	0,996	0,632	0,051	0,203
Gosto Salgado	0,029	0,263	0,341	0,805	0,813	0,345	0,258

*Os números em negrito representam as correlações significativas ($\alpha=0,05$).

As Figuras 19a e 19b fornecem uma visão geral do desempenho da equipe. Analisando a Figura 19a, percebe-se que houve diferença significativa por parte dos provedores para todos os atributos avaliados. Já na Figura 19b, com a retirada do provedor 7, os atributos de solubilidade no momento do preparo, aroma de arroz cozido, viscosidade aparente, consistência percebida na boca e sabor de cereal passaram a não ter significância por parte dos provedores como é o desejado.

As Figuras 20a e 20b fornecem informações sobre o consenso da equipe treinada. Observando a Figura 20a nota-se que houve consenso entre os provedores. Os gráficos de moldura vermelha representam os atributos que tiveram maior consenso ($p<0,001$) entre os provedores (solubilidade, cor, viscosidade aparente e consistência percebida na boca). Esta figura mostra ainda que para os atributos “sabor cebola” e “aroma de arroz cozido” houve consenso de significância de $p<0,01$ e $p<0,05$, respectivamente. Já na Figura 20b, com a retirada do provedor 7, percebe-se que, o atributo “sabor cebola” aumentou a sua significância ($p<0,001$) e os outros atributos permaneceram nas mesmas condições de significância.

As Figuras 21a e 21b mostram gráficos que avaliam o consenso dos provedores, dentro do grupo, para cada atributo. Quanto maior resíduo um atributo contém de um provedor, mais próximo do centro os pontos ficarão; e quanto mais próximas as notas dos provedores uns dos outros, maior é o consenso do grupo.

Analisando as Figura 21a, nota-se que para os atributos “aroma de condimento”, “sabor condimento”, “sabor cereal” e “gosto salgado”, as notas dos provedores ficaram dispersas mostrando que não houve consenso entre os provedores em relação aos mesmos. Os atributos solubilidade, cor, viscosidade aparente e consistência percebida na boca tiveram maior consenso ($p<0,001$) entre os provedores. Esta figura mostra ainda que para os atributos “sabor cebola” e “aroma de arroz cozido” houve consenso de significância $p<0,01$ e $p<0,05$, respectivamente. Já na Figura 21b, com a retirada do provedor 7, percebe-se que, para os atributos “aroma de condimento”, “sabor condimento”, “sabor cereal” e “gosto salgado”, as notas dos provedores continuaram demonstrando a necessidade de maior treinamento dos mesmos em relação a esses atributos. Houve um aumento na significância do consenso do atributo “sabor cebola”. E o atributo “aroma de arroz cozido” permaneceu com significância de $p<0,05$. Este comportamento foi semelhante ao observado nas Figuras 20a e 20b.

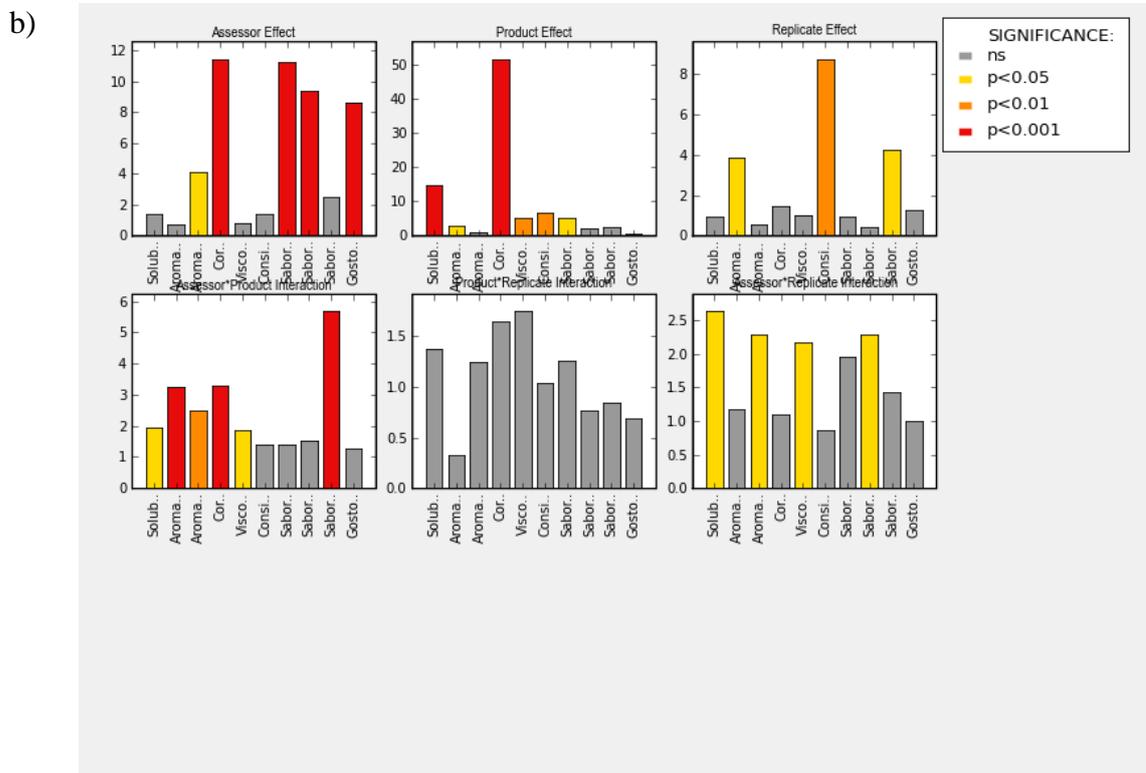
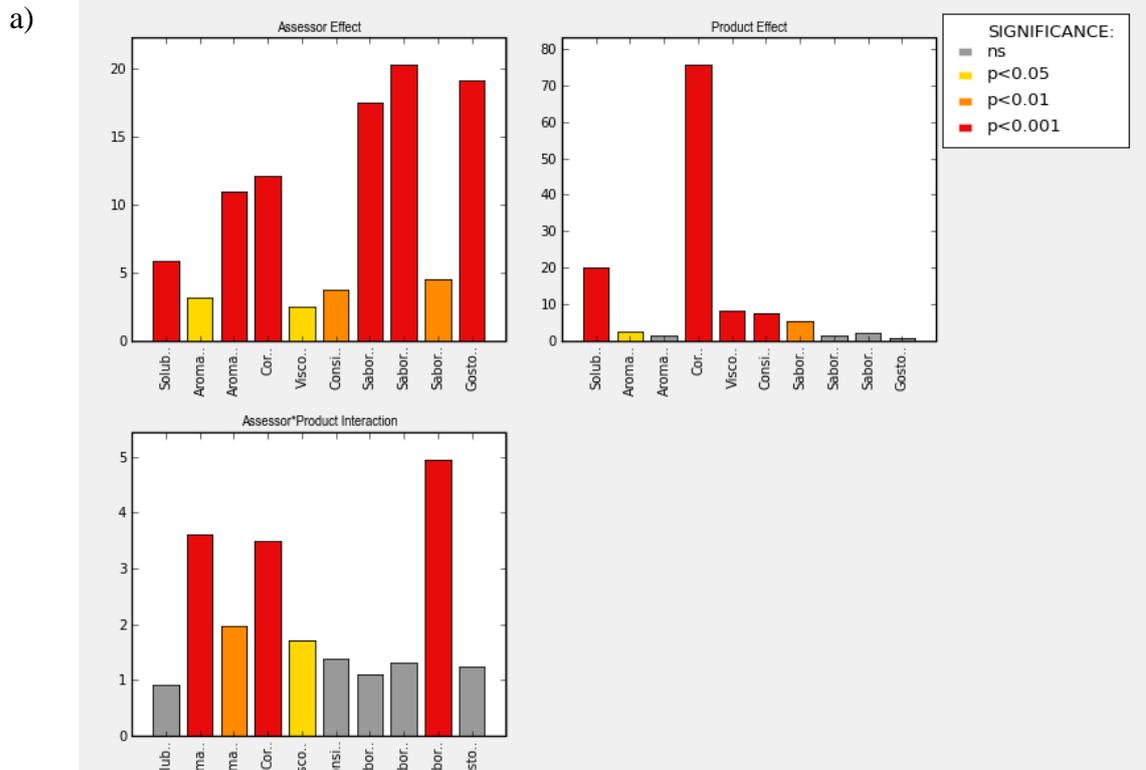
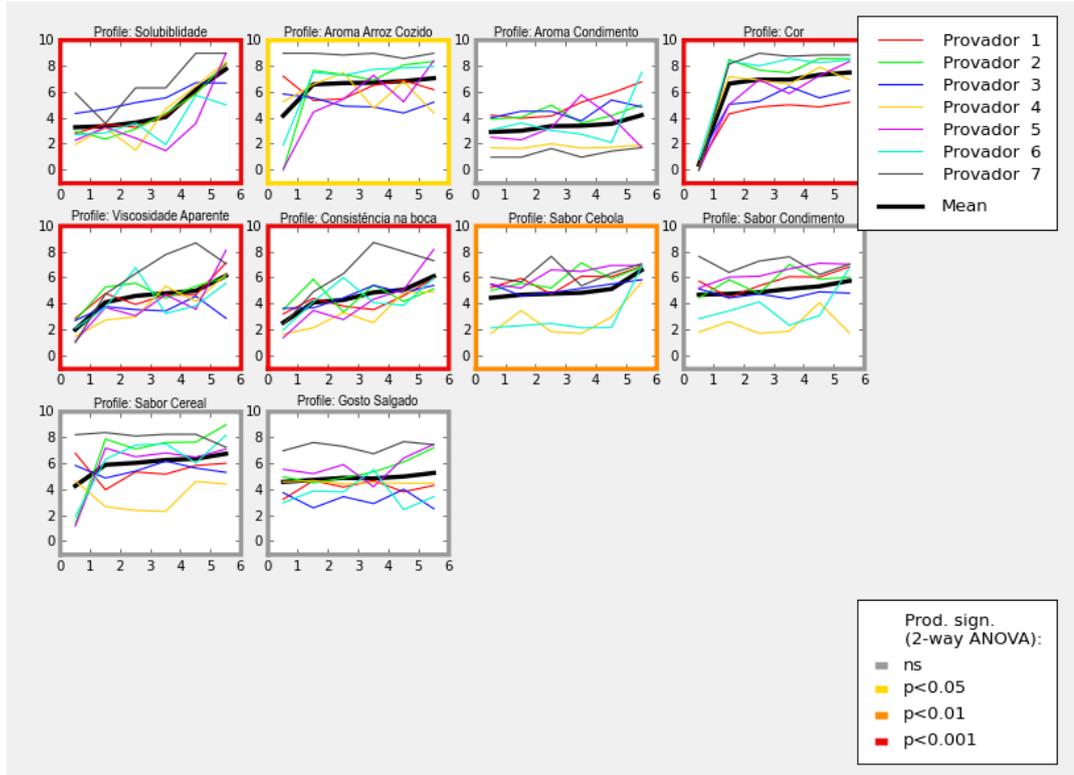


Figura 19 Gráfico de efeitos, (a) todos os provadores e (b) sem o provador 7

a)



b)

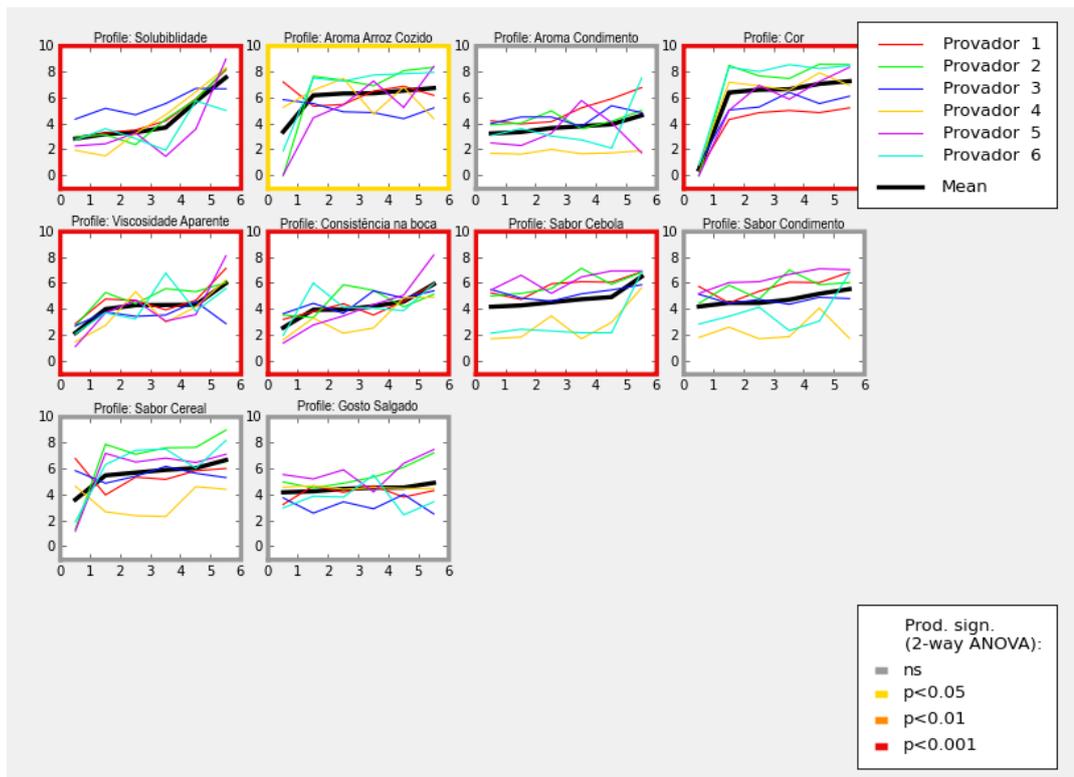
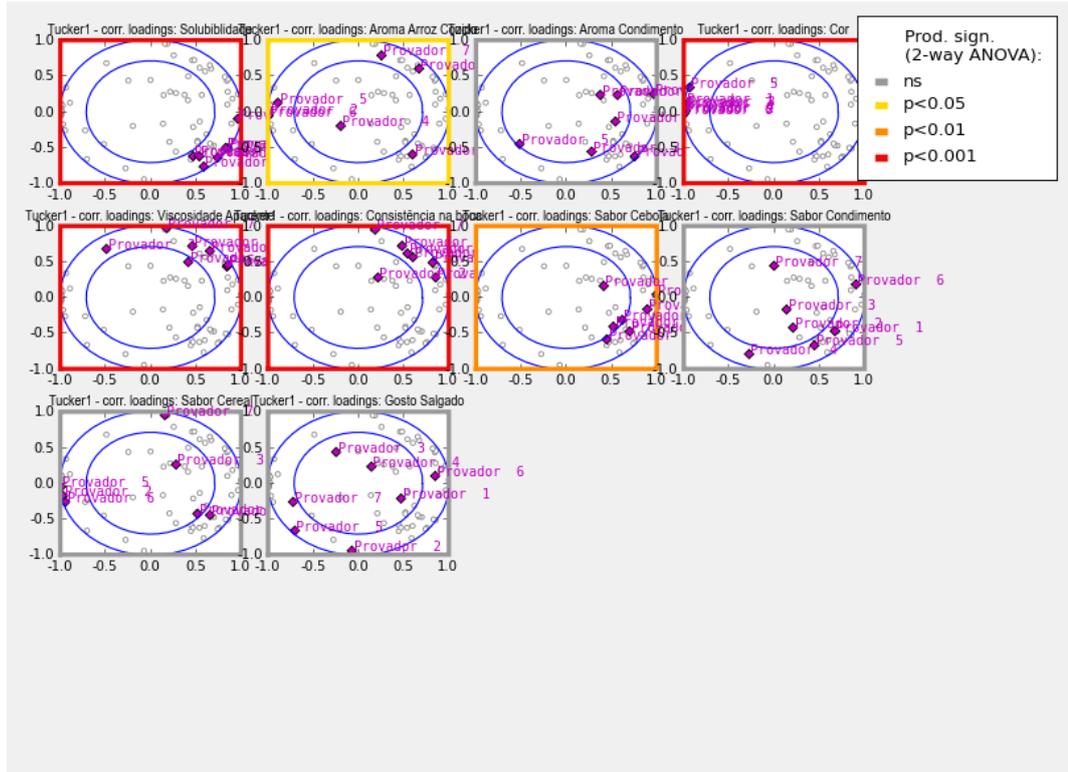


Figura 20 Gráfico de médias, (a) todos os provadores e (b) sem o provador 7

a)



b)

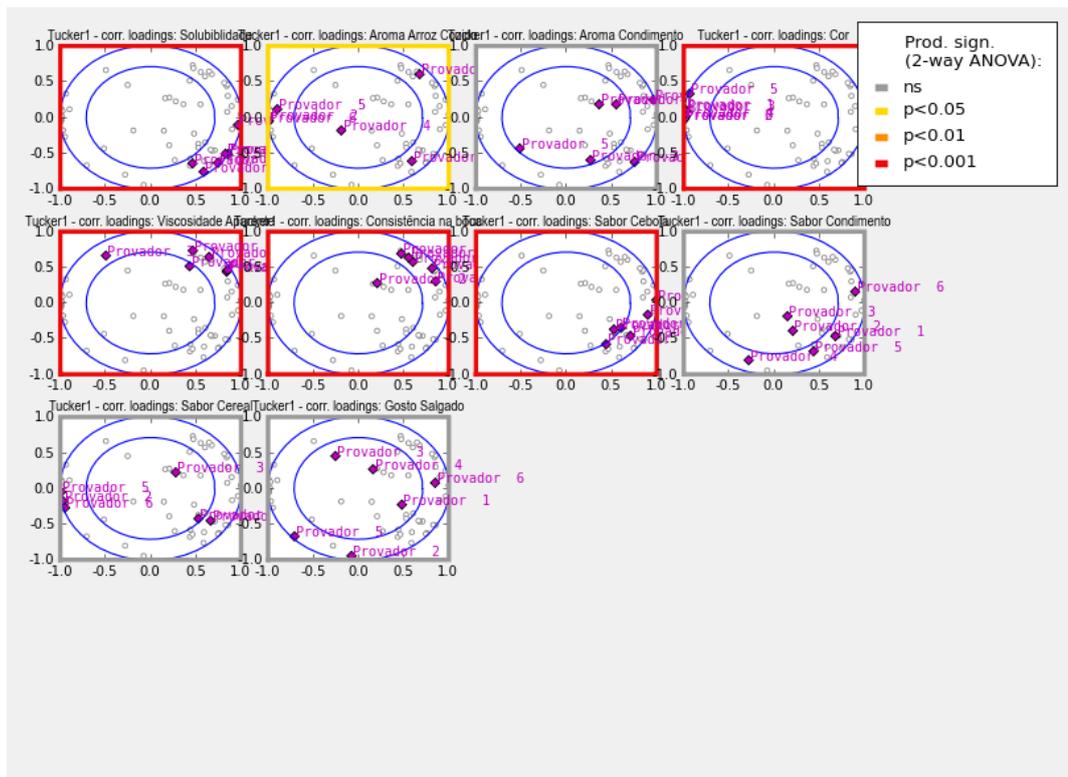


Figura 21 Gráficos do tipo Tucker representando o consenso do provador em relação ao grupo para cada atributo, (a) todos os provadores e (b) sem o provador 7

Com isso, foram considerados aptos para avaliar as amostras apenas seis provadores sendo o provador 7 excluído da análise em virtude de não apresentar consenso com os demais provadores ao avaliar as amostras como demonstrado nas Figuras 19, 20 e 21. Embora o provador 1 não tenha apresentado repetibilidade ao avaliar as amostras, seus dados foram considerados devido ao consenso com os demais provadores.

Os resultados das médias de cada atributo sensorial obtido através da ADQ para as sete amostras de sopa em pó estão apresentados na Tabela 30 e ilustrados na Figura 22 através do gráfico aranha, facilitando a visualização dos perfis sensoriais de cada amostra.

Tabela 30 Média dos atributos sensoriais para as amostras de sopa em pó

Atributos**	SI T1	SI T2	SI T3	SI T6	SI T9	SI ABP T9
Solubilidade						
Solubilidade no momento do preparo	3,22 ^c	5,73 ^b	2,87 ^c	3,34 ^c	3,72 ^c	7,58 ^a
Aroma						
Arroz Cozido	6,34 ^a	6,56 ^a	6,76 ^a	6,20 ^a	6,36 ^a	3,39 ^b
Condimento	3,37 ^a	3,92 ^a	3,68 ^a	3,26 ^a	3,82 ^a	4,66 ^a
Aparência						
Cor	7,08 ^a	6,42 ^a	7,29 ^a	6,63 ^a	6,67 ^a	0,49 ^b
Viscosidade Aparente	4,32 ^b	2,19 ^c	4,39 ^{ab}	4,34 ^{ab}	4,02 ^b	6,02 ^a
Consistência						
Consistência percebida na boca	4,60 ^{ab}	2,59 ^c	4,25 ^b	3,97 ^{bc}	3,98 ^{bc}	5,95 ^a
Sabor						
Cebola	4,31 ^b	4,95 ^b	4,21 ^b	4,54 ^b	4,82 ^b	6,53 ^a
Condimento	4,50 ^a	5,21 ^a	4,50 ^a	4,22 ^a	4,75 ^a	5,57 ^a
Cereal	5,51 ^a	6,69 ^a	5,96 ^a	6,07 ^a	5,72 ^a	3,64 ^a
Gosto Salgado	4,20 ^a	4,93 ^a	4,46 ^a	4,28 ^a	4,57 ^a	4,56 ^a

SI T₁ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);

SI T₂ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);

SI T₃ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);

SI T₆ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);

SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05);

**avaliados em escala não estruturada de 10 cm.

Observa-se na Tabela 30 que não houve diferença significativa (p<0,05) entre as amostras de sopa em pó nos atributos aroma de condimento, sabor de condimento, sabor de

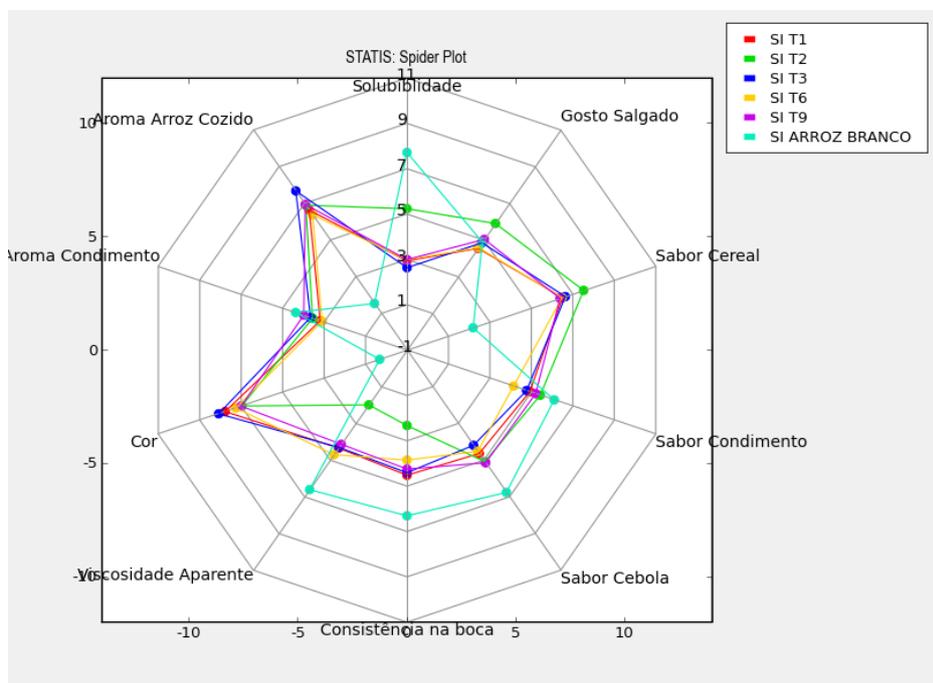
cereal e gosto salgado. Esta semelhança já era esperada devido à similaridade das formulações das sopas.

A amostra formulada com a farinha extrudada de arroz branco apresentou maior solubilidade, a coloração mais clara, a menor intensidade do atributo aroma de arroz cozido e maior intensidade do atributo sabor de cebola. Era evidente que esta amostra apresentaria a coloração mais clara quando comparada com as sopas formuladas a partir das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral, uma vez que os grãos do arroz vermelho apresentam o pericarpo com coloração avermelhada.

Para os atributos viscosidade aparente e consistência percebida na boca, a amostra formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral, submetida ao processo de extrusão mais brando (75°C e 22% de umidade), apresentou uma média menor.

Em geral, as amostras diferiram entre si apenas nos atributos de solubilidade no momento do preparo, viscosidade aparente e consistência percebida na boca. Este resultado já era esperado uma vez que as amostras foram formuladas de maneira similar diferindo apenas com relação às condições empregadas durante o processo de extrusão das farinhas que serviram de base para a formulação. Sabe-se que o processo de extrusão pode alterar as características funcionais dos amidos influenciando, assim, no comportamento de solubilidade e viscosidade do material extrudado (ASCHERI, 2011).

Era esperado que a sopa formulada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido apresentasse médias maiores para os atributos viscosidade aparente e consistência percebida na boca, uma vez que, ao analisar o perfil viscoamilográfico das amostras de sopas (Tabela 15), a farinha extrudada de arroz branco polido apresentou o maior valor de viscosidade máxima a 95°C.



- SI T₁ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);
- SI T₂ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);
- SI T₃ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);
- SI T₆ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);
- SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);
- SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade).

Figura 22 Gráfico aranha ilustrando o perfil sensorial das seis sopas em pó avaliadas na ADQ

Cada eixo apresentado na Figura 22 representa cada um dos atributos sensoriais avaliados. O ponto central representa o zero da escala sendo que o valor da intensidade cresce do centro (intensidade 0) para fora (intensidade 9). O valor da média de cada atributo é inserido em seu respectivo eixo e o desenho do perfil sensorial se dá pela união dos pontos referentes às médias de cada atributo.

Analisando a Figura 22, poucas diferenças sensoriais foram observadas entre as sopas elaboradas com as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral, exceto para a SI T2. E as maiores diferenças sensoriais foram observadas na sopa formulada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido, principalmente nos atributos de solubilidade, viscosidade aparente, consistência percebida na boca e sabor de cereal.

Por outro lado, a Análise de Componentes Principais (ACP) permitiu observar a correlação entre as variáveis atributos e amostras. Isto possibilita identificar os atributos que mais contribuíram para a diferenciação das amostras. Na Figura 23a encontra-se representada a posição dos atributos sensoriais das sopas e na Figura 23b a posição das seis amostras de sopa. Os dois primeiros Componentes Principais explicaram 96,96% da variação entre as sopas em pó e foram, portanto, suficientes para discriminar as sopas quanto aos seus atributos sensoriais. O Componente Principal 1 (CP1) explicou a maior parte da variação das amostras, compreendendo 69,68 %, enquanto 27,28% da variação estava relacionada ao Componente Principal 2 (CP2). Observa-se que os atributos gosto salgado, consistência percebida na boca e viscosidade aparente foram associados ao CP2 enquanto os demais atributos ficaram associados ao CP1.

A primeira dimensão separou as sopas em três grupos distintos, a saber: SI ABP T9; SI T2 e SI T1, SI T3, SI T6 e SI T9. Considerando a proximidade das amostras com os vetores associados aos atributos sensoriais, isto é, analisando as Figuras 23a e 23b, foi possível correlacionar os atributos sabor de cereal, aroma de arroz cozido e cor com as sopas SI T1, SI T3, SI T6 e SI T9 e os atributos consistência percebida na boca, viscosidade aparente, sabor cebola, aroma de condimento e solubilidade com a sopa SI ABP T9.

A sopa formulada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido diferenciou sensorialmente de todas as outras, sendo confirmada pela posição isolada no gráfico da Figura 23b.

Através da ADQ e da ACP foi possível identificar grupos de amostras semelhantes e as características sensoriais relacionadas, tornando evidente a similaridade entre as sopas formuladas com as farinhas extrudadas de arroz vermelho integral. Munõz; Civille e Carr (1992) ressaltaram que na ACP os vetores com medidas mais distantes do zero correspondem às variáveis com maior efeito no modelo, enquanto os vetores menores indicam uma variável com pouca influência na ACP. No presente estudo nenhum vetor pode ser considerado pequeno, sugerindo a contribuição de todos ao modelo.

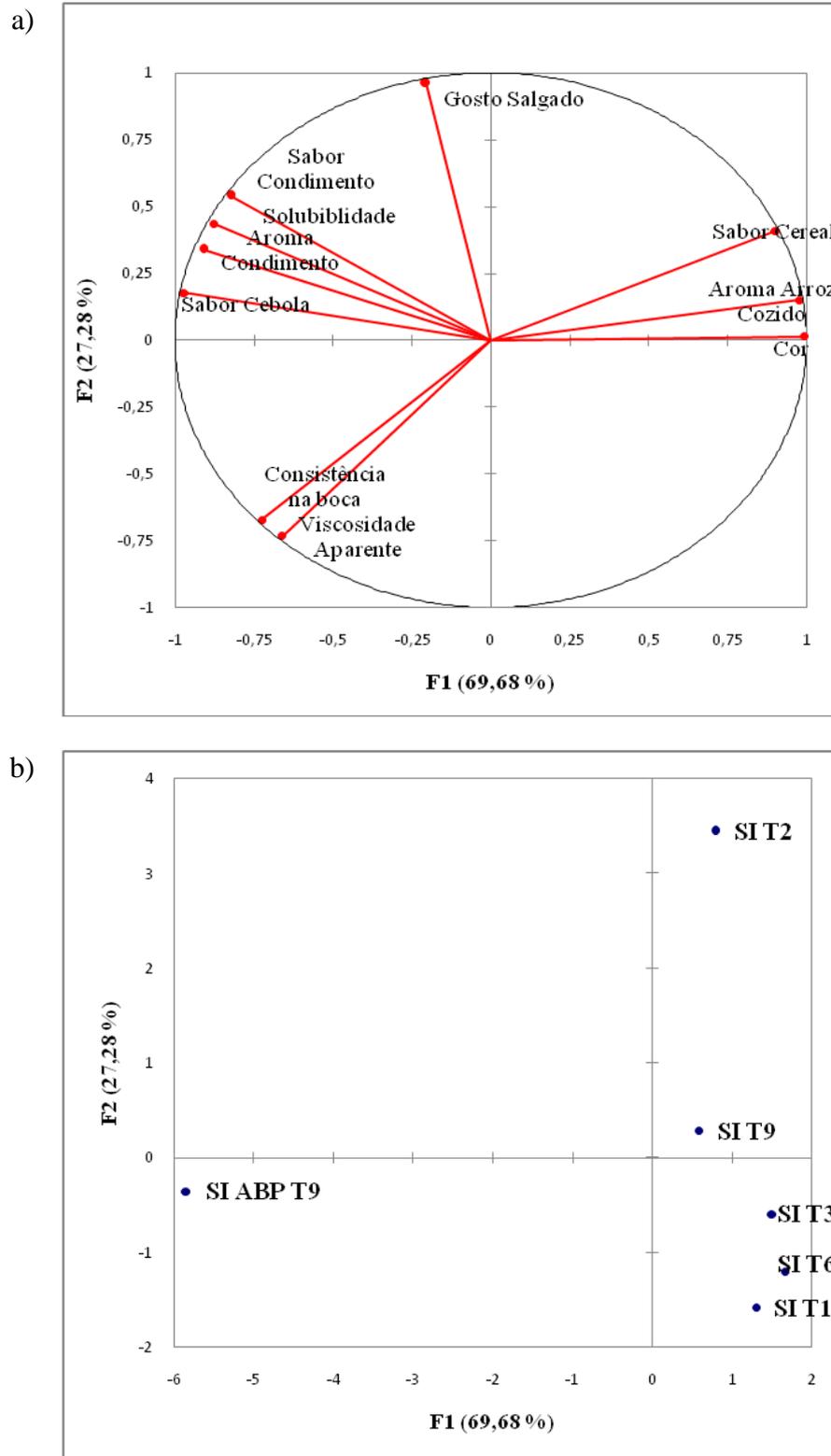


Figura 23 Análise de Componentes Principais (ACP) sobre os dados da ADQ das sopas em pó analisadas, mostrando (a) posição dos atributos e (b) posição das amostras

Na Tabela 31 é apresentada a Matriz de Correlação de Pearson, para os atributos sensoriais das sopas em pó. Esta matriz explica as relações entre os atributos sensoriais. Shimakura e Ribeiro Junior (2005) classificaram a correlação em função do valor de r da

seguinte forma: quando $r > 0,90$ a correlação é considerada muito forte; entre 0,70 e 0,89 como forte; entre 0,40 e 0,69 como moderada; entre 0,20 e 0,39 como fraca e para valores $< 0,19$ é considerada muito fraca. Desta maneira, nos resultados da Matriz de Correlação de Pearson gerada pela ACP, a 5% de significância, foi verificada correlação positiva e muito forte ($r > 0,90$) entre os atributos solubilidade, sabor cebola e sabor condimento, aroma de condimento, sabor cebola e sabor condimento, aroma de arroz cozido, cor e sabor de cereal e viscosidade aparente e consistência percebida na boca. Por outro lado, os atributos aroma de arroz cozido e sabor de cebola e consistência percebida na boca e sabor de cereal estão correlacionados muito forte e negativamente ($r = -0,942$ e $r = -0,944$; respectivamente). Esta forte correlação negativa entre os atributos aroma de arroz cozido e sabor cebola indica que o aumento da intensidade percebida do sabor cebola diminui a intensidade percebida do aroma de arroz cozido e isto pode explicar o fato da sopa formulada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido apresentar a menor intensidade do aroma de arroz cozido e a maior intensidade do sabor cebola como pode ser visto na Tabela 30.

Tabela 31 Matriz de correlação de Pearson para os atributos sensoriais sopas em pó obtidos na ADQ

Atributos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	1	-0,818	0,896	-0,883	0,234	0,324	0,943	0,950	-0,602	0,569
B	-0,818	1	-0,801	0,989	-0,743	-0,788	-0,942	-0,704	0,931	-0,041
C	0,896	-0,801	1	-0,871	0,385	0,463	0,913	0,942	-0,699	0,555
D	-0,883	0,989	-0,871	1	-0,661	-0,712	-0,973	-0,789	0,887	-0,184
E	0,234	-0,743	0,385	-0,661	1	0,977	0,506	0,134	-0,891	-0,534
F	0,324	-0,788	0,463	-0,712	0,977	1	0,563	0,254	-0,944	-0,480
G	0,943	-0,942	0,913	-0,973	0,506	0,563	1	0,870	-0,795	0,362
H	0,950	-0,704	0,942	-0,789	0,134	0,254	0,870	1	-0,541	0,687
I	-0,602	0,931	-0,699	0,887	-0,891	-0,944	-0,795	-0,541	1	0,200
J	0,569	-0,041	0,555	-0,184	-0,534	-0,480	0,362	0,687	0,200	1

*Os números em negrito representam as correlações significativas ($\alpha=0,05$). A = solubilidade; B = aroma de arroz cozido; C = aroma de condimento; D = cor; E = viscosidade aparente; F = consistência percebida na boca; G = sabor cebola; H = sabor de condimento; I = sabor de cereal e J = gosto salgado

4.6.2 Teste de aceitação

As médias de aceitação das seis sopas estudadas avaliadas por 89 consumidores estão apresentadas na Tabela 32.

Tabela 32 Média da aceitação do consumidor para as sopas em pó

Amostras**	SI T1	SI T2	SI T3	SI T6	SI T9	SI ABP T9
Médias da Aceitação	6,01 ^{abc}	5,78 ^c	6,03 ^{abc}	5,85 ^{bc}	6,22 ^{ab}	6,33 ^a
% notas na zona de aceitação (≥ 5)	83,15	76,40	83,15	76,40	85,39	85,39
% notas na zona da rejeição (< 5)	16,85	23,60	16,85	23,60	14,61	14,61

SI T₁ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);

SI T₂ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);

SI T₃ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);

SI T₆ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);

SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher ($p < 0,05$);

** Avaliadas em escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde 1-desgostei extremamente; 5-não gostei, nem desgostei; 9-gostei extremamente.

Analisando os dados dos consumidores analisados por ANOVA (Tabela 32), a sopa formulada com farinha extrudada de arroz branco apresentou a maior média de aceitação diferindo estatisticamente apenas das amostras SI T2 e SI T6. A amostra elaborada a partir da farinha extrudada de arroz vermelho integral processada com os mesmos parâmetros de extrusão utilizados na farinha de arroz branco polido apresentou a segunda maior média de aceitação diferindo estatisticamente apenas da amostra SI T2. Esta última foi a amostra que obteve menor média de aceitação. Observando a porcentagem de notas na área de aceitação percebe-se que todas as amostras apresentaram um percentual maior que 75% indicando a boa aceitabilidade das sopas em pó.

Considerando o grupo total de consumidores, notou-se que, apesar das baixas médias atribuídas a todas as sopas avaliadas, algumas receberam notas altas por diversos participantes do estudo, evidenciando a necessidade da segmentação dos consumidores de acordo com sua aceitação individual, pois a adoção de valores médios não constitui a melhor maneira de expressar resultados hedônicos (GREENHOFF; MacFIE, 1994).

Para identificar e melhor interpretar a preferência individual dos consumidores foi utilizada a Análise de Segmentos (*Cluster Analysis*) a qual identificou grupos de consumidores em função da similaridade de suas respostas quanto à preferência das amostras.

As médias da aceitação de cada segmento podem ser observadas na Tabela 33. Um maior número de pessoas no segmento 3 atribuiu maior nota a sopa elaborada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido, que diferiu significativamente das outras amostras analisadas. Já o segmento 4 (com o menor número de participantes) preferiu as sopas formuladas a partir das farinhas extrudadas de arroz vermelho integral, porém as médias de aceitação ainda mostraram-se baixas. Os consumidores do segmento 2 atribuíram maiores

médias de aceitação para as sopas (variando de 6,85 a 7,95) e preferiram a sopa SI T3, que não diferiu estatisticamente das sopas SI T9, SI ABP T9 e SI T1. Em contrapartida, a sopa SI T3 obteve a menor média de aceitação no segmento 1, diferindo estatisticamente das demais amostras.

Tabela 33 Médias da aceitação atribuídas às amostras de sopa em pelos diferentes segmentos de consumidores

Amostras **	Aceitação	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4
	(n = 89)	(n = 28)	(n = 20)	(n = 33)	(n = 8)
	100%	31,46%	22,47%	37,08%	8,99%
SI T1	6,01 ^{abc}	6,75 ^a	7,40 ^{ab}	4,55 ^b	6,00 ^{ab}
SI T2	5,78 ^c	6,75 ^a	6,95 ^b	4,94 ^b	2,88 ^d
ST T3	6,03 ^{abc}	5,79 ^b	7,95 ^a	4,91 ^b	6,75 ^a
SI T6	5,85 ^{bc}	6,89 ^a	6,85 ^b	4,39 ^b	5,75 ^{ab}
SI T9	6,22 ^{ab}	6,96 ^a	7,80 ^a	5,00 ^b	4,75 ^{bc}
SI ABP T9	6,33 ^a	6,46 ^a	7,80 ^a	5,88 ^a	4,00 ^{cd}

SI T₁ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);

SI T₂ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);

SI T₃ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);

SI T₆ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);

SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

*Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes indicam diferença entre amostras pelo teste de Fisher (p<0,05).

** Avaliada em escala hedônica estruturada de 9 pontos.

A segmentação dos consumidores também permitiu conhecer os consumidores participantes do estudo de acordo com suas características sócio-demográficas e seus hábitos de consumo de sopa instantânea, de acordo com os dados representados na Tabela 34.

A maioria dos integrantes do segmento 1 eram mulheres, com idade entre 18 a 45 anos, a maioria com pós-graduação, que declararam consumir raramente ou esporadicamente sopa instantânea.

O segmento 2 era composto em sua maioria por mulheres com idade entre 18 a 55 anos e o grau de instrução entre superior incompleto e a pós-graduação. Declaram, em sua maioria, consumir sopa instantânea raramente. Este segmento atribuiu as maiores médias para as amostras analisadas. Este fato pode ter ocorrido por este segmento apresentar um número significativo de participantes com idade entre 46 e 55 anos que estão mais habituados a consumir este tipo de produto.

Por sua vez, o segmento 3 apresentou a maioria dos participantes do sexo masculino, com idade entre 18 e 45 anos, escolaridade entre superior incompleto e a pós-graduação, que consomem sopa instantânea raramente.

Já no segmento 4 foram encontradas as mesmas características do segmento 1 com relação ao sexo e idade dos consumidores, ou seja, a maioria foi feminina, com idade entre 18 a 45 anos e o grau de instrução apresentou uma distribuição bastante homogênea entre médio incompleto e pós-graduação incompleto. Declaram, em sua maioria, consumir sopa instantânea raramente e esporadicamente.

Tabela 34 Características sócio-demográficas dos consumidores

Variáveis	Total (n=89)	Segmento 1 (n= 28)	Segmento 2 (n= 20)	Segmento 3 (n= 33)	Segmento 4 (n= 8)
Sexo					
Feminino	58,43%	67,86%	60,00%	48,48%	62,50%
Masculino	41,57%	32,14%	40,00%	51,52%	37,50%
Idade					
18 – 25 anos	28,09%	28,57%	25,00%	27,27%	37,50%
26 – 36 anos	31,46%	32,13%	15,00%	39,40%	37,50%
36 – 45 anos	21,35%	25,00%	20,00%	18,18%	25,00%
46 – 55 anos	12,36%	7,14%	30,00%	9,09%	----
56 – 65 anos	6,74%	7,14%	10,00%	6,06%	----
> 66 anos	----	----	----	----	----
Escolaridade					
Fundamental	1,12%	----	5,00%	----	----
Incompleto	3,37%	3,57%	----	6,06%	----
Fundamental	3,37%	----	5,00%	3,03%	12,50%
Médio Incompleto	6,74%	10,71%	10,00%	----	12,50%
Médio	22,47%	10,71%	20,00%	33,33%	25,00%
Superior Incompleto	11,24%	7,14%	20,00%	9,09%	12,50%
Superior	15,73%	21,44%	10,00%	9,09%	37,50%
Pós-graduação Incompleto	35,96%	46,43%	30,00%	39,40%	----
Pós-graduação					
Com que frequência consome sopa instantânea?					
Nunca	10,11%	7,14%	5,00%	12,12%	12,50%
Raramente	52,81%	46,43%	65,00%	54,55%	50,00%
Esporadicamente	33,71%	42,86%	25,00%	33,33%	25,00%
Frequentemente	2,25%	3,57%	----	----	12,50%
Diariamente	1,12%	----	5,00%	----	----

O número médio de termos do questionário CATA utilizado para descrever as amostras de sopas em pó variou de 4,99 a 5,58, como descrito na Tabela 35. Nota-se que o maior número de termos foi utilizado para a amostra com maior média de aceitação. Isto pode ser explicado considerando que os consumidores se mostram mais motivados para descrever as sopas que gostaram mais, principalmente porque a maioria dos termos assinalados no questionário CATA foram positivos para a amostra com maior média de aceitação (SI ABP T9).

Tabela 35 Média de aceitação e número médio de termos do questionário CATA utilizado para descrever as amostras de sopa em pó

Amostras	Média Aceitação**	Número médio de termos assinalados no questionário CATA
SI T1	6,01 ^{abc}	5,13 ^b
SI T2	5,78 ^c	5,19 ^b
SI T3	6,03 ^{abc}	4,99 ^b
SI T6	5,85 ^{bc}	5,29 ^a
SI T9	6,22 ^{ab}	5,19 ^b
SI ABP T9	6,33 ^a	5,58 ^a

SI T₁ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 18% umidade);

SI T₂ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (75°C e 26% umidade);

SI T₃ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (125°C e 18% umidade);

SI T₆ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (135°C e 22% umidade);

SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher (p<0,05).

** Avaliadas em escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde 1-desgostei extremamente; 5-não gostei, nem desgostei; 9-gostei extremamente.

Em relação às diferentes categorias de atributos do questionário CATA, houve diferença significativa (p<0,05) no número médio de menções para cada categoria como mostrado na Tabela 36. Os consumidores utilizaram os termos relacionados ao atributo de preparo com mais frequência para descrever as amostras de sopa sugerindo a importância da solubilidade no momento do preparo para este tipo de amostra. Os outros termos de maior relevância foram os relacionados às características sensoriais. Além disso, é interessante notar que os termos hedônicos foram os menos citados pelos consumidores sugerindo que esses termos foram menos relevantes para expressar a percepção sobre as sopas.

Tabela 36 Número médio de menções utilizado para cada categoria de atributos no questionário CATA

Categorias	Número médio de menções
Preparo	35,25 ^a
Características Sensoriais	25,92 ^b
Hedônicos	16,58 ^c

* Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

A Tabela 37 mostra a frequência em que cada um dos termos do questionário CATA foi usado para descrever cada um das seis sopas em pó.

Tabela 37 Frequência de menção de cada termo do questionário CATA para cada uma das sopas em pó analisadas

CATEGORIAS	TERMOS	SI T1	SI T2	SI T3	SI T6	SI T9	SI ABP T9
Atributos de Preparo	Difícil de dissolver	31	56	55	56	43	16
	Fácil de dissolver	39	13	22	13	28	51
Características Sensoriais	Sabor de cebola	41	41	39	41	40	49
	Condimentada	33	31	31	31	33	35
	Salgada	4	9	7	9	6	5
	Rala	50	16	22	16	21	25
	Encorpada	12	43	39	43	41	37
	Sabor de cereal	26	19	24	19	18	16
	Aroma de arroz cozido	27	30	26	30	23	22
	Aroma fraco	27	41	37	41	35	21
	Sem sabor	20	13	20	13	17	17
	Sem sal	21	18	21	18	23	22
	Hedônicos	Saborosa	29	33	33	33	38
Aroma bom		33	22	30	22	34	32
Deliciosa		8	13	11	13	11	13
Aparência boa		24	23	30	23	27	51
Sabor estranho		11	6	7	6	5	1
Sabor ruim		5	2	3	2	2	2
Cor atrativa		16	11	10	11	15	41
	Aroma estranho	5	4	4	4	2	3

As primeira e segunda dimensões da Análise de Correspondência (AC) representaram 90,96% da variância dos dados experimentais, representando 58,53% e 32,43% da variância, respectivamente. A Figura 24 mostra a representação das sopas em pó nas duas primeiras dimensões do AC. Analisando a Figura 24, assim como na ADQ, as sopas ficaram divididas em três grupos distintos, a saber: SI ABP T9; SI T2 e SI T1, SI T3, SI T6 e SI T9, onde foi possível identificar as características de cada amostra analisada. A sopa elaborada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido, que obteve a maior média de aceitação, foi descrita como “aparência boa” e “cor atrativa”. Já a amostra formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral submetida ao tratamento de extrusão a 75°C e 26% umidade (SI T2), foi associada como “rala” e “sabor ruim”. Por outro lado, as demais amostras elaboradas com as farinhas extrudadas de arroz vermelho foram descritas como: “aroma fraco”, “saborosa”,

“deliciosa”, “aroma de arroz cozido”, “condimentada”, “sem sal”, “aroma bom” e “sabor cebola”.

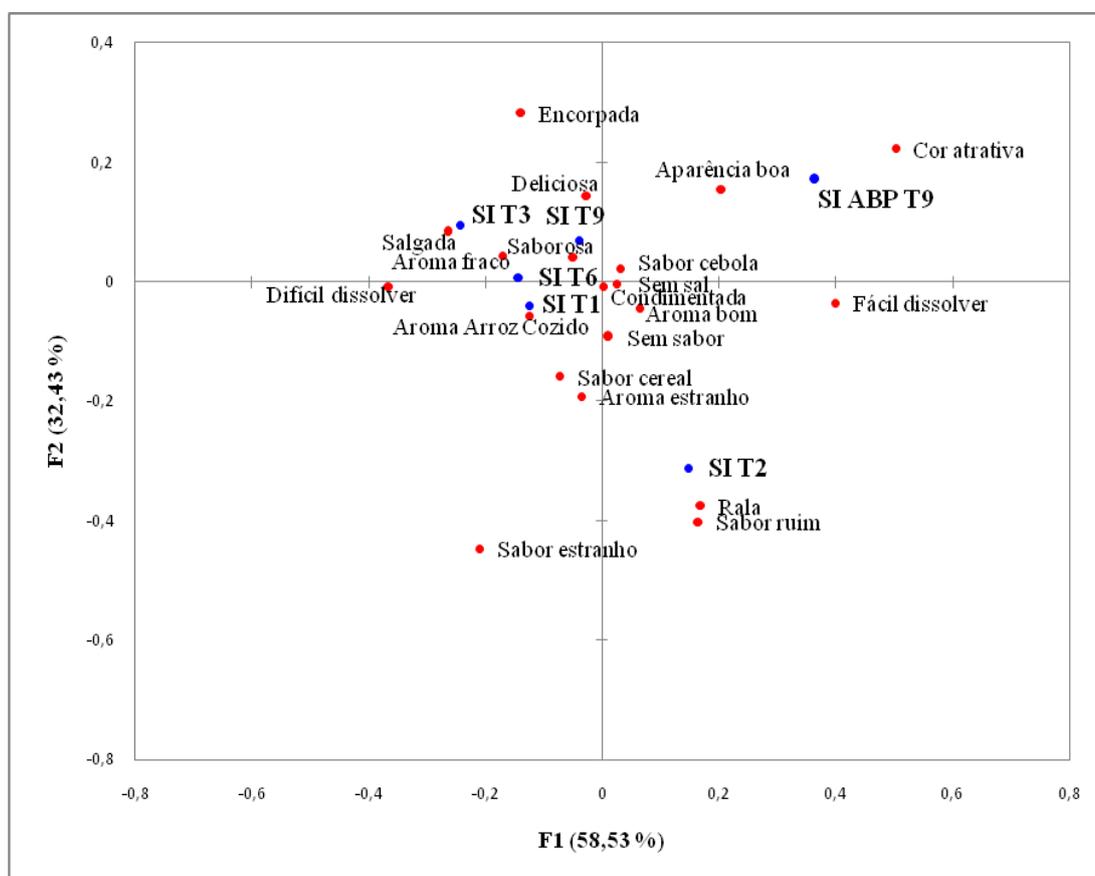


Figura 24 Análise de Correspondência (AC) sobre os dados do CATA das sopas em pó

A análise de fatores múltiplos (AFM) permite avaliar a similaridade entre os dados gerados pela equipe treinada (ADQ) e pelos consumidores (CATA). A AMF é uma ferramenta estatística útil para analisar a similaridade de um conjunto de dados gerados por vários grupos diferentes de variáveis em escalas comparáveis ou contraditórias (DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010). É capaz de avaliar a influência de cada variável analisada e comparar vários conjuntos de dados (LÊ; PAGÊS; HUSSON, 2008; MORAND; PAGÈS, 2005; NESTRUD; LAWLESS, 2008).

As primeira e segunda dimensões da AFM representaram 78,97% da variância dos dados experimentais, representando 49,18% e 29,79% da variância, respectivamente. A Figura 25 mostra a representação das sopas em pó nas duas primeiras dimensões do AFM. No geral, a caracterização das sopas em pó foi similar nos dois métodos sensoriais empregados. As amostras SI T2 e SI T3 apresentaram maiores variações entre os dois métodos. As amostras SI T1 e SI ABP T9 foram mais caracterizadas na primeira dimensão pela ADQ do que pelo questionário CATA. Se uma linha é desenhada a partir do final do vetor ADQ e do vetor CATA para cada uma dessas amostras em direção ao eixo x, a ADQ apresenta taxas mais elevadas do que o questionário CATA. Já a amostra SI T6 foi mais caracterizada na primeira dimensão pelo questionário CATA do que pela ADQ.

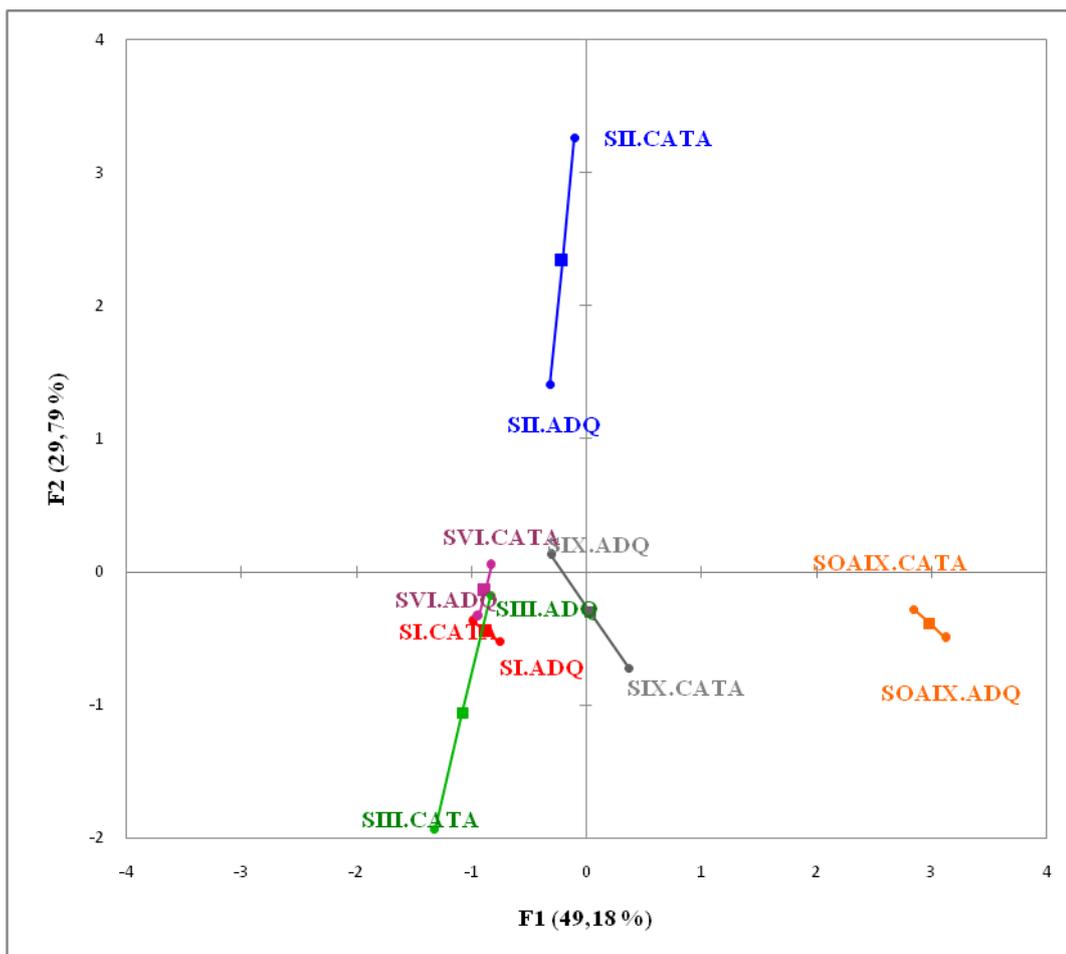


Figura 25 Análise de fatores múltiplos (AFM) sobre os dados da análise descritiva quantitativa (ADQ) e do questionário CATA

A Figura 26 mostra a correlação entre os atributos obtidos na ADQ e os termos presentes no questionário CATA. Os vetores mostram uma forte correlação entre os descritores (d) consistência percebida na boca e viscosidade aparente com os termos do questionário CATA (c), deliciosa, encorpada e saborosa; entre sabor cereal, aroma de arroz cozido e cor (d) e sabor cereal, sabor estranho e aroma estranho (c) e entre solubilidade, sabor de condimento, sabor cebola e aroma de condimento (d) e fácil de dissolver, condimentada, cor atrativa, sabor cebola, sem sal e aparência boa (c). As direções opostas entre alguns vetores com significados diferentes também mostram a concordância entre os dois métodos. Por exemplo, solubilidade (d) e difícil de dissolver (c), consistência percebida na boca, viscosidade aparente (d) e rala (c). Todos os atributos da ADQ mostraram-se influentes, exceto gosto salgado. Para os consumidores, os atributos que desempenharam um papel relativamente mais importante foram difícil de dissolver, fácil de dissolver, rala, aroma fraco, aparência boa, cor atrativa e sabor de cebola.

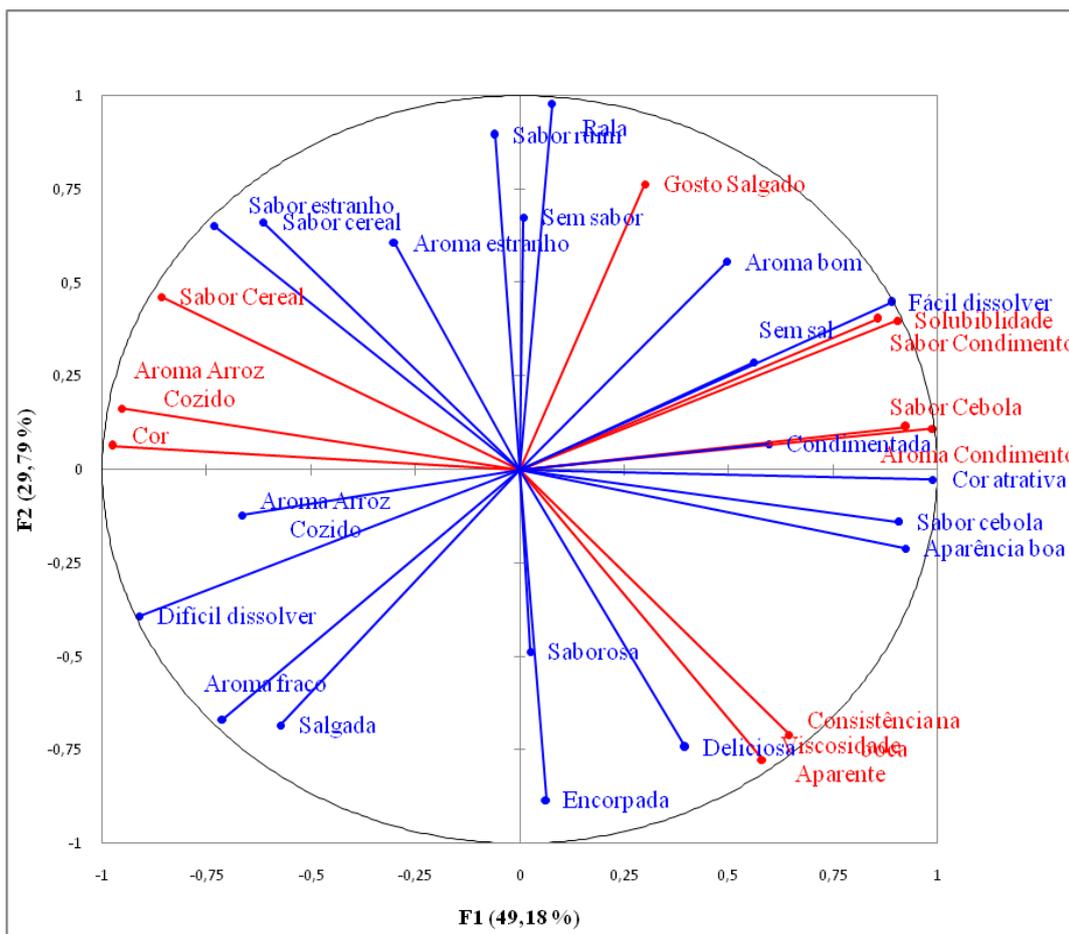


Figura 26 Correlação entre os atributos obtidos através da análise descritiva quantitativa (d) e o questionário CATA (c)

Para a indústria de alimentos é essencial compreender quais atributos sensoriais influenciam a preferência do consumidor, para isso utiliza-se o Mapa de Preferência Externa (MPE) que correlaciona os dados da análise descritiva com os de aceitação. A interpretação do MPE indica quais as características do produto que dirigem a preferência do consumidor.

O MPE com a posição das amostras avaliadas e dos segmentos de consumidores é apresentado na Figura 27. Os atributos sensoriais das sopas em pó no espaço definido pela primeira e segunda dimensão são apresentados na Figura 26.

Pelas observações das Figuras 27 e 28 pode-se constatar que os consumidores do segmento 3 preferiram as sopas com sabor cebola, aroma de condimento, condimentada, cor atrativa, sabor cebola e aparência boa. Os consumidores do segmento 1 preferiram sopas rala, sem sabor e com sabor ruim. O segmento 2, priorizou a consistência percebida na boca e a viscosidade aparente e as caracterizaram como saborosa e deliciosa. Já os consumidores do segmento 4 preferiram as amostras caracterizadas como salgada, aroma fraco e saborosa.

Na Figura 28, encontra-se representado o gráfico de contorno gerado a partir da AFM. Este gráfico permite observar quantos segmentos têm a preferência acima da média para determinada região do mapa de preferência. Verificou-se que a sopa elaborada a partir da farinha extrudada de arroz branco (caracterizada como aparência boa, cor atrativa, condimentada, sabor cebola e aroma de condimento) foi preferida pelos consumidores do segmento 3, os quais se encontraram numa região de 40 a 60% de probabilidade de aceitação acima da média da preferência. Já a sopa SI T9 (caracterizada como saborosa, deliciosa,

consistência percebida na boca e viscosidade aparente) foi a preferida pelo segmento 2 numa mesma região de probabilidade de aceitação.

O uso de mapa de preferência e análise de segmentos em estudos de consumidor mostrou-se muito satisfatória, uma vez que permitiu observar as preferências individuais, a segmentação dos consumidores e foi capaz de revelar quais atributos dirigiram a preferência do produto pelo consumidor.

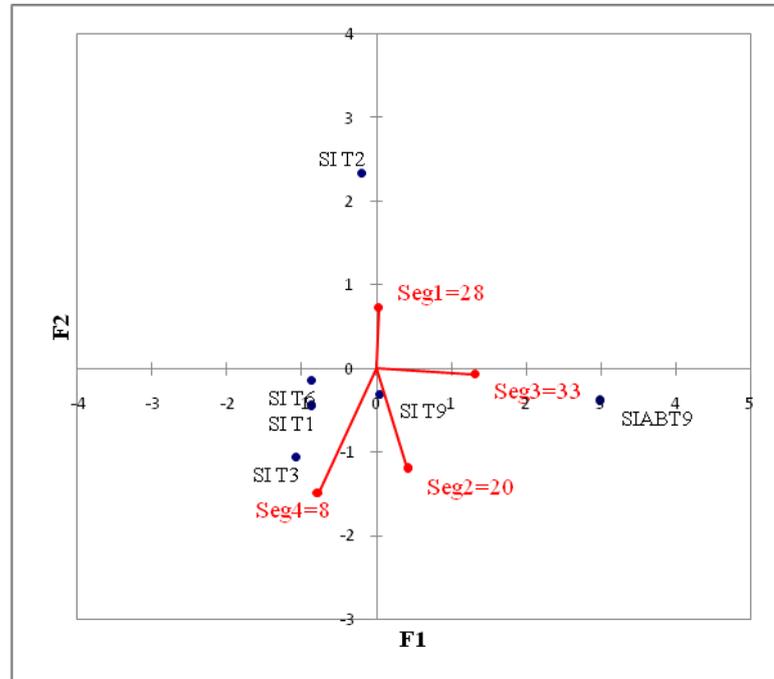


Figura 27 Mapa Externo da Preferência: amostras e segmento de consumidores

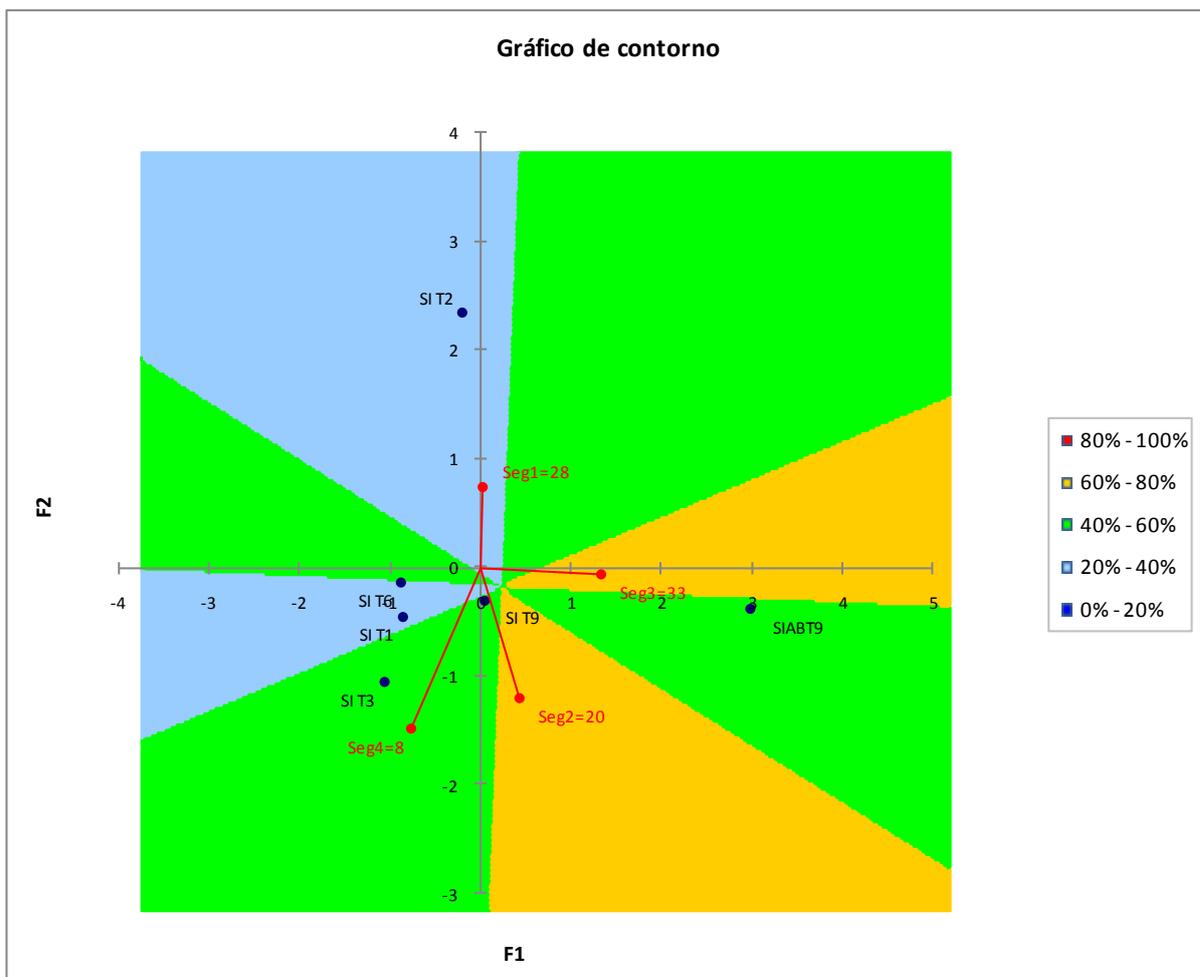


Figura 28 Mapa Externo de Preferência sobreposto a superfície de contorno gerada por modelos ajustados aos dados da análise de fatores múltiplos (AFM)

4.7 Determinação de aminoácidos livres

Os teores de aminoácidos livres nas sopas em pó de maior aceitação estão apresentados na Tabela 38.

Nota-se que a sopa elaborada a partir da farinha extrudada de arroz vermelho, em geral, obteve maiores teores dos aminoácidos analisados quando comparada com a sopa formulada a partir da farinha extrudada de arroz branco polido.

Tabela 38 Composição de aminoácidos das farinhas de arroz vermelho integral, das farinhas extrudadas e das sopas instantâneas (g.100g⁻¹, em base seca)

Aminoácidos	SI T₉	SI ABP T₉
Aspargina	0,61 ^a	0,51 ^b
Serina	0,39 ^a	0,33 ^b
Glutamina	2,61 ^a	2,83 ^a
Glicina	0,27 ^a	0,22 ^b
Histidina	0,18 ^a	0,15 ^b
Arginina	0,50 ^a	0,43 ^b
Treonina	0,34 ^a	0,29 ^a
Alanina	0,36 ^a	0,29 ^b
Prolina	0,39 ^a	0,33 ^a
Tirosina	0,29 ^a	0,24 ^b
Valina	0,42 ^a	0,35 ^b
Lisina	0,37 ^a	0,31 ^a
Isoleucina	0,35 ^a	0,29 ^b
Leucina	0,71 ^a	0,57 ^b
Fenilalanina	0,40 ^a	0,32 ^b
Triptofano	0,17 ^a	0,13 ^b

SI T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz vermelho integral (100°C e 22% umidade);

SI ABP T₉ = Sopa formulada com a farinha extrudada de arroz branco polido (100°C e 22% umidade);

* Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

5 CONCLUSÃO

De acordo com os experimentos realizados e resultados observados, conclui-se que o processo de extrusão termoplástica é uma tecnologia adequada para a elaboração de farinhas extrudadas à base de arroz vermelho integral que possam ser utilizadas como ingredientes na formulação de sopas em pó com satisfatórias características químicas, físicas, tecnológicas funcionais e sensoriais.

As características físico-químicas e os parâmetros de cor das sopas foram significativamente alterados pela presença do arroz vermelho integral, demonstrando uma grande contribuição do arroz vermelho integral, principalmente, no aumento do conteúdo de minerais e aminoácidos. Com isso, foi possível formular um produto com maior valor nutricional.

O uso do resíduo do despulpamento da amora foi responsável pelo teor de antocianinas encontrado nos produtos elaborados. Porém, recomenda-se estudos sequenciais utilizando outras concentrações do resíduo do despulpamento da amora com o intuito de verificar o aumento no teor de antocianinas no produto final e a aceitação por parte dos consumidores. Além disso, é importante verificar se o arroz vermelho contribui no teor de antocianinas do produto final.

Através da análise descritiva quantitativa verificou-se que a maior solubilidade no momento do preparo, menor viscosidade aparente (visual) e menor consistência percebida na boca das sopas de arroz vermelho foram efeito do processo de extrusão mais brando (menor temperatura e maior umidade) na farinha de arroz vermelho, caracterizada na determinação das propriedades viscoamilográficas pelo menor índice de viscosidade máxima a 95°C.

O perfil sensorial da sopa de arroz branco diferiu das sopas de arroz vermelho apresentando maior solubilidade, coloração mais clara, menor intensidade de aroma de arroz cozido e maior intensidade de sabor cebola. No entanto, grande similaridade foi verificada através do teste de aceitação com consumidores entre o produto formulado a partir da farinha extrudada de arroz branco polido e a farinha extrudada de arroz vermelho integral processadas a 100°C e 22% de umidade, indicando que é possível substituir o arroz branco polido por arroz vermelho integral na formulação de sopas em pó sem que haja rejeição por parte dos consumidores.

Através dos resultados do CATA, foi possível observar que o consumidor foi capaz de descrever características sensoriais das sopas elaboradas de maneira similar ao perfil sensorial desenvolvido pela equipe treinada.

Assim, conclui-se que a elaboração de sopas a partir de farinhas extrudadas de arroz vermelho integral por extrusão termoplástica adicionadas de um subproduto da indústria amoreira possibilita a elaboração de um produto nutritivo e de boa aceitabilidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1414. **Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro, 1998.

ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 7, p. 684-691, 2010.

AKDOGAN, H. High moisture food extrusion. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 34, p. 195-207, 1999.

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; JUNIOR, A. M.; VIDAL, R. A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégia de controle. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.2, p. 341-349, 2001.

ALVAREZ-MARTINEZ, L.; KOUNDURY, K. P.; HARPER, J. M. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, Malden, v 53, n. 2, p. 609-615, 1988.

AMES, J., M.; DEFAYE, A. B.; BAILEY, R. G.; BATES, L. Analysis of the non-volatile Maillard reaction products formed in an extrusion-cooked model food system. **Food Chemistry**, Barking, v. 61, n. 4, p. 521-524, 1998.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.

ANTON, A.A.; FULCHER, R.G.; ARNTFIELD, S.D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean flour: effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry** (manuscript), 2008.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 2000.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2005

ARÁMBULA et al. Effects of starch gelatinization on the thermal, dielectric and rheological properties of extruded corn maze. **Journal of Cereal Science**, London, v. 27, n. 2, p. 147-155, 1998.

AREAS, J. A. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 32, n. 4, p. 365-392, 1992.

ARES, G.; BARREIRO, C., DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate Milk desserts. **Journal of Sensory Studies**, [S. I.], v. 25, n. 1, p. 67-86, 2010a.

ARES, G., DELIZA, R., BARREIRO, C., GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. . **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 4, p. 417-426, 2010b.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 28, n. 1, p. 141-153, 2013.

ARES, G.; VARELA, P.; RADO, G.; GIMÉNEZ, A. Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. **International Journal of Food Science and Thechnology**, v. 46, n. 8, p. 1600-1608, 2011a.

ARES, G.; VARELA, P.; RADO, G.; GIMÉNEZ, A. Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 22, n. 6, p. 581-591, 2011b.

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

ASCHERI, D. P. R.; BÔENIO, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; ASCHERI, J. L. R. Correlation between grain nutritional content and pasting properties of pre-gelatinized red rice flour. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 16-24, 2012.

ASCHERI, J. L. R. **Extrusão termoplástica de amidos e produtos amiláceos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA- CTAA, 1997. 43p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos, n. 19).

ASCHERI, J. L. R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal.** EMBRAPA, out., 2006.

ASCHERI, J.L.R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos extrusados, para o consumo humano e animal.** EMBRAPA, 2007.

ASCHERI, J.L.R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal.** EMBRAPA, 2009, 89p.

ASCHERI, J.L.R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal.** EMBRAPA, 2010, 88p.

ASCHERI, J. L. R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal.** EMBRAPA, 2011.

ASCHERI, J. L. R.; CIACCO, C. F.; RIAZ, M. N.; LUSAS, E. W. Efecto de la formulación sobre la expansión y viscosidad de snacks (pellets) producidos por extrusión termoplástica. **Alimentaria**, Madrid, v.286, n.12, p.111- 116, 1995.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. **Cassava: biology, production and utilization.** Wallingford: CAB International, p. 301-317, 2002.

BARBOZA, L. M. V. **Desenvolvimento de bebida enriquecida com cálcio adoçado artificialmente a partir de suco de laranja concentrado.** 2002. 136 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2002.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S.; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil Alimentos**, São Paulo, n. 18, 2003.

BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, E. M. Arroz como Alimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p.108, 2004.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of the extruded hard-to-cook common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Journal of Food Science**, Oxford, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010.

BEAN, M. N.; NISHITA, K. D. Rice flours for baking. In: **Rice: Chemistry and Technology**. B. O. Juliano, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN. 1985.

BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2010.

BECKER, A.; HILL, S. E.; MITCHELL, J. R. Milling - a further parameter affecting the rapid visco analyser (RVA) profile. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 2, p. 166-172, 2001.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P.; WAKELING, I. N. Avaliação da aceitação de vinhos brancos varietais brasileiros através de testes sensoriais afetivos e técnica multivariada de mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19. n.2, 1999.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 453-461, 2001.

BRANDT, M. A., SKINNER, E. Z.; COLEMAN, J. A. Texture profile method. **Journal of Food Science**, Malden, v. 28, n. 4, p. 404-409, 1963.

BRASIL. Resolução RDC N °12, de 02.01.01: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. **Introdução à química de alimentos**. 3ª edição. São Paulo: Varela, 2003. 238p.

BÔENIO, J. A. **Caracterização da qualidade de grão de diferentes genótipos de arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.)**. 2008. 121f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Goiás, Anápolis. 2008.

BOÊNIO, J. A.; ASCHERI, D. P. R.; BASSINELLO, P. Z. Qualidade tecnológica de grãos de quatro genótipos de arroz-vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.718-723, 2011.

BOONYASIRIKOOL, P.; CHARUNUCH, C. Development of nutritious soy fortified snack by extrusion Cooking. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, v. 34, n. 3, p. 355-365, 2000.

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**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.

BORGES, J. T. S. **Elaboração de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) utilizando o processo de extrusão termoplástica**. 2002. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2002.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building with response surface**. A book published, 1967.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

BOX, G. E. P.; WETZ, J. Criteria for judging adequacy of estimation by approximate response function. University of Wisconsin. **Technical Report**, n. 9, 1973.

BRASIL, Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)**. Disponível em: <<http://www.vigilanciasanitaria.gov.br/anvisa.html>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A.. Consumers' texture perception of milk desserts II- Comparison with trained assessors' data. **Journal of Texture Studies**, [S. I.], v. 43, n. 3, p. 214–226, 2012.

CAIRNCROSS, S. E.; SJÖSTROM, L. B. Flavour profiles: a new approach to flavour problems. **Food Technology**, Chicago, v. 4, n.8 , p. 308–311, 1950.

CALDAS, C. M. **Estudo reológico de pastas de farinhas mistas extrudadas de arroz e soro de leite**. 2013. 39 p. Monografia (Tecnólogo em Polímeros) – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 30 p, 1999.

CARNEIRO, J. D. S., MINIM, V. P. R. Testes de preferência. In: MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: Estudos com Consumidores**. Viçosa: UFV, p.51-65, 2006.

CARNELOCCE, L. A. **Análise descritiva por ordenação: validação da técnica e aplicação a diferentes matrizes alimentares**. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná. 2011.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CASTIGLIONI, G.; DORS, G.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, América do Sul, v. 16, n. 1, p. 63-67, 2006.

CHAMBERS, E.; BAKER WOLF, M. **Sensory testing methods**. West Conshohocken: ASTM, 1996. 9p.

CHAN, S.S.L.; FERGUSON, E.L.; BAILEY, K.; FAHMIDA, U.; HARPER, T.B.; GIBSON, R.S. The concentrations of iron, calcium, zinc and phytate in cereals and legumes habitually consumed by infants living in East Lombok, Indonesia. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 7, p. 609–617, 2007.

CHANG, Y.K.; EL-DASH, A.A. Effects of acid concentration and extrusion variables on some physical characteristics and energy requirements of cassava starch. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 20, n. 2, p. 129-137, 2003.

CHANG, Y. H.; LII, C. Y. Preparation of starch phosphates by extrusion. **Journal of Food Science**, Malden, v. 57, n. 1, p. 203-205, 1992.

CHAVES, J. B. P.; SPROSSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV, 2001. 81 p.

CHEYNE, A.; BARNES, J.; WILSON, D.I. Extrusion behavior of cohesive potato starch pastes: I. Rheological characterization. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 66, n. 1, p. 1-12, 2005.

CHUANG, G. C. C.; YEH, A. I. Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 63, p. 21-31, 2004.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

COLLONA, P.; DOUBLIER, J. L.; MELCION, J. P.; DEMONREDON, F.; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat-starch. I. Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.

CORDELLE, S., LANGE, C., SCHLICH, P. On the consistency of liking scores: insights from a study including 917 consumers from 10 to 80 years old. **Food Quality and Preference**, Barking, v.15, n. 7-8, p.831–841, 2004.

COSTELL, E.; DURAN, L. El análisis sensorial en el Control de Calidad de los alimentos. **Revista de Agroquímica e Tecnología de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1981.

COSTELL, E.; PASTOR, M. V.; IZQUIERDO, L.; DURÁN, L. Relationships between acceptability and sensory attributes of peach nectars using internal preference mapping. **European Food Research and Technology**, v.211, n.3, p.199-204, 2000.

DAO, L. T.; TAKEOKA, G. R.; EDWARDS, R. H.;BERRIOS, J. J. Improved method for the stabilization of anthocyanidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n. 9, p.3564-3569, 1998.

DELARUE, J.; LOESCHER, E. Dynamics of food preferences: a case study with chewing gums. **Food Quality and Preference**, Barking, v.15, p.771–779, 2004.

DELLA MODESTA, R. C.; CARVALHO, J. L. V.; GONÇALVES, E. B.; VILLAMIL, C. I.; ALMEIDA, N. S. S. Desenvolvimento do perfil sensorial para cultivares de arroz brasileiro. Rio de Janeiro: **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, 1997. 28p. (Boletim de Pesquisa, 21).

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P.; STORCK, C. R.; NÖRNBERG, J. L. Composição mineral de cultivares de arroz integral, parboilizado e branco. **Alimentos e Nutrição, Araraquara**, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2004.

DEOBALD, H. J. Rice flours. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). Rice: chemistry and technology. Saint Paul: **American Association of Cereal Chemistry (AACC)**, 1972. p. 264-269.

DESHPANDE, S. S.; RANGNEKAR, P. D.; SATHE, S. K.; SALUNKE, D. K. Functional properties of wheat-bean composite flours. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 2, p.1659-1662, 1983.

DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, n. 66, p. 283-289, 2005.

DOGAN, H.; KARWE, M. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 2, p. 101-114, 2003.

DOOLEY, L.; LEE, Y. S.; MEULLENET, J. F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, p. 394-401, 2010.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**, Curitiba: Universitaria Champagnat 1996, 123 p. 1996.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**, 3 ed. Revisada e ampliada, Universitaria Champagnat, Curitiba, 2011, 426 p.

DZIEZAK, J.D. Romancing the kernel: a salute to rice varieties. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 74-60, 1991.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: **Cereals a renewable resource: theory and practice**. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p.165-216, 1981.

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

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. High temperature and short time. Extrusion-cooking of wheat starch and flour. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, Saint. Paul, v.59, n.6, p. 529-533, 1982.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos – Princípios e Prática**, 2 ed., Porto Alegre: Artmed, 2006,. 602 p.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot sculenta*, Crantz) do cultivar IAC-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 2004. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2004.

FERNANDES, A. M; SORATTO, R. P; EVANGELISTA, R. M; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010.

FERREIRA, V. L . P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C. V.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. M. Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: série qualidade. Campinas, **SBCTA**, 2000. 127p.

FIESP – Federação da Indústria do Estado de São Paulo. 2010. **Pesquisa Nacional Fiesp/IBOPE sobre o Perfil do Consumo de Alimentos no Brasil**. Disponível em: http://www.abic.com.br/media/EST_PESQFoodTrends1.pdf. Acesso em 28 de novembro de 2011.

GEEL, L., KINNEAR, M.; DE KOCK, H. L. Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee. **Food Quality and Preference**, Barking, v.16, p.237–244, 2005.

GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; CARVALHO, J. L. V. Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo. Rio de Janeiro: **EMBRAPA-CTAA**, 1997. 84p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos, n. 28).

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 2ª edição, São Paulo: ESALQ/USP, 2000.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011.

GÓMEZ, M. E. B. **Produção de Snacks de segunda geração, a partir de misturas de farinhas de arroz e batata – doce, por extrusão termoplástica**. 1997. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 1997.

GOMEZ, M. H., AGUILERA, J. M. A physicochemical model for extrusion of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 40-43, 1984.

GONZÁLES, J. R.; TORRES, R. L.; DE GREEF, D. M. Extrusión-cocción de cereales. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 104-115, 2002.

GOTO, M.; MURAKAMI, Y.; YAMANAKA, H. Comparison of palatability and physicochemical properties of boiled rice among red rice, Koshihikari and Minenishiki. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, Tokyo, v. 43, n. 7, p. 821-824, 1996.

GUERRERO, L. Estudios de consumidores: analisis de los errores mas habituales. In: ALMEIDA, T. C. A., DAMASIO, M. H., SILVA, M. A. A. P. (eds). **Avanços em Analise Sensorial**. São Paulo: Varela Editora e Livraria LTDA, 1999. p. 121-129.

GREENHOFF, K.; MACFIE, H. J. H. Preference mapping in practice. In: MACFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H. (Org.). **Measurement of Food Preferences**. Glasgow: Blackie Academic and Professional 1994. p.137-166.

GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 1997.

GUY, R. Raw materials for extrusion cooking. In: GUY, R. **Extrusion cooking**. Boca Raton: Woodhead Publishing, 2001a. p. 5-28.

GUY, R. Snack foods. In: GUY, R. **Extrusion cooking**. Boca Raton: Woodhead Publishing, 2001b. p. 161-181.

GUY, R. C. E. **Extrusión de los alimentos Tecnología y aplicaciones**. Zaragoza: Acribia, 2002, 218p.

GUY, R. C. E., HORNE, A. W. Extrusion and co-extrusion of cereals. In: **Food Structure-its creation and evaluation**. Ed. Blansshard, J.M.V. e Mitchel, J.R., Butter-worths, 1988.

HAGER, T.; HOWARD, L. R.; PRIOR, R. L. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 1, p. 689-695, 2008.

HASHIMOTO, J. M.; GROSSMAN, M. V. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 38, n. 5, p. 511-517, 2003.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 4, p. 287-296, 2005.

HELGESEN, H.; SOLHEIM, R.; NAES, T. Consumer preference mapping of dry fermented lamb sausages. **Food Quality and Preference**, Barking, v.8, n.2, p.97-109, 1997.

HERNANDES, N. K.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; VITAL, H. C.; JUNIOR, M. F. Testes sensoriais de aceitação da beterraba vermelha (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* L.), cv. Early Wonder, minimamente processada e irradiada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 27 (supl.), p. 64-68, 2007.

HONG, J. H.; JUNG, D. W.; KIM, Y. S.; LEE, S. M.; KIM, K. O. Impacts of glutathione maillard reaction products on sensory characteristics and consumer acceptability of beef soup. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, p. 427-434, 2010.

HOUGH, G.; WAKELING, I.; MUCCI, A.; CHAMBERS IV, E.; GALLARDO, I. M.; ALVES, L. R. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. **Food Quality and Preference**, v.17, n.6, p.522-526, 2006.

HSIEH, S. L.; HUFF, H. E. Effects of lipids and processing conditions on degree of starch gelatinization of extruded dry pet food. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 30, n. 7, p. 754-761, 1997.

HUGHSON, A. L.; BOAKES, R. A. The knowing nose: the role of knowledge in wine expertise. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n.7-8, p. 463-472, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudo Nacional da despesa familiar: Tabelas de composição de alimentos**. 5º Ed. Rio de Janeiro: Varela, 1999. 137p.

IFT (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. **What is Sensory Evaluation?** Disponível em <<http://www.ift.org/>> Acessado em 21 de fevereiro de 2012.

ILO, S.; BERGHOFER, E. Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 39, n. 1, p. 73-80, 1999.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Londres, v. 32, n. 2, p. 79-88, 1999.

ITANI, T.; TAMAKI, M.; ARAI, E.; HORINO, T. Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 19, p. 5326-5332, 2002.

IWE, M. O.; Van ZUILICHEM, D. J.; STOLP, W.; NGODDY, P. O. Effect of extrusion cooking of soy-sweet potato mixtures on available lysine content and browning index of extrudates. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 62, p. 143-150, 2004.

JAEGER, S. R.; CARDELLO, A. V. Direct and indirect hedonic scaling methods: A comparison of the labeled affective magnitude (LAM) scale and best-worst scaling. **Food Quality and Preference**, Barking, v.20, n.3, p.249-258, 2009.

JAIME, P. C; MONTEIRO, C. A. Fruit and vegetable intake by Brazilian adults, 2003. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, suppl. 1, p.19-24, 2005.

JANE, J.; CHEN, Y.Y.; LEE, L.F.; MCPHERSON, A.E.; WONG, K.S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 629- 637, 1999.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 589-596, 2003.

KRÜCKEN-PEREIRA, L.; ABREU, A. F; BOLZAN, A. A necessidade de inovar: um estudo na indústria de alimentos. **Revista de Ciências da Administração**, Florianópolis, v.4, n.6, p.19-27, 2002.

LADO, J.; VICENTE, E.; MANZZIONI, V.; ARES, G. Application of a check-all-that-apply question for the evaluation of strawberry cultivars from a breeding program. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 13 p. 2268–2275, 2010.

LANCASTER, B.; FOLEY, M. Determining statistical significance for choose-all-that-apply question responses. **Seventh pangborn sensory science symposium**, Minneapolis, EUA, 2007.

LANGRON, S. P. (1983). The application of Procrustes statistics to sensory profiling. In WILLIAMS, A. A.; ATKIN, R. K. **Sensory quality in food and beverages: definition, measurement and control** (pp. 89–95). Chichester: Ellis Horwood Ltd.

LANZILLOTTI, R. S.; LANZILLOTTI, H. S. Análise Sensorial sob o enfoque da decisão fuzzy. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, p.145-157, 1999.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman & Hall, 1998, 819p.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and practices**. Gaithersburg: Aspen, 1999.

LÊ, S.; PAGÊS, J.; HUSSON, F. Methodology for the comparison of sensory profiles provided by several panels: Application to a cross-cultural study. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 19,n. 2, p. 179–184, 2008.

LIMA, G. J. M. M.; MARTINS, R. R.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. **Comunicado Técnico**, Embrapa Suínos e Aves, n. 244, p. 1–2, 2000.

LANDGRAF, M. Microrganismos indicadores. In: FRANCO, B. D. G. M; LADGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. cap. 3, p. 27-31.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza: Acribia, 1994. 426p

LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCIER, C. HTST extrusion of cereal based materials. In: POMERANZ, Y. **Advances in cereal sciences and technology**. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, v. 4, p. 145-235, 1981.

LOPES, A. C. S.; CAIAFFA, W. T.; SICHIERI, R. MINGOTI, S. A.; LIMA-COSTA, M. F. Consumo de nutrientes em adultos e idosos em estudo de base populacional: Projeto Bambuí. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 1201-1209, 2005.

LUSAS, E; RIAZ, M. **An introduction to extruders and extrusion principles**. Extrusion Communiqué, p. 9-34, 1994.

LUSTOSA, B.H.B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M.M. Effect of extrusion parameters on absorption and water solubility indexes of instant blends of cassava and casein. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 223-229, 2009.

MAIA, K.; LIRA, S.A. A mulher no mercado de trabalho. Disponível em: <<http://www.economia.ufpr.br/textos/katy%20A%20mulher.doc>> Acesso em: 15 fev. 2012.

MacFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H. Preference mapping and multidimensional scaling. In: PIGGOTT, J.R. (Ed.). **Sensory Analysis of Food**. 2 ed. New York, Elsevier. 1988, 389p.

MANOHARKUMAR, B.; GERSTENKORN, P.; ZWINGELBERG, H.; BOLLING, H. On some correlation between grain compositions and physical characteristics to the dry milling performance in maize. **Journal of Food Science and Technology**, Londres, v. 15, n. 1, 1978.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 20, p. 370-374, 2007.

MARTINEZ, C.; CUEVAS-PEREZ, F. **Evaluación de la calidad culinária y molinera del arroz**. 3 ed. Cali: CIAT, p.75, 1989.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado Nutricional de los Compuestos Fenólicos de la Dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 1. Caracas, 2000.

MCGUIRE RG. 1992. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEHINAGIC, E.; ROYERA, G.E; BERTRAND, D.; SYMONEAUX, R.; LAURENS, F.; JOURJON, F. Relationship between sensory analysis, penetrometry and visible NR spectroscopy of apples belonging to different cultivars. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 15, p. 473-484, 2003.

MEILGAARD, M. C., CIVILLE, G. V., CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**, 2 ed.), Boca Raton, FL: CRC Press, 1991.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3ed. London: Boca Raton, CRC Press. 1999. 387p.

MENDONÇA, X. M. F. D. **A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto e arroz**. 2005. 182f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

MENEGASSI, B. **Efeito da extrusão termoplástica nas características tecnológicas da farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus* L. BRS – Alegria)**. 2009. 132f. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP. 2009.

MENG, F.; WEI, Y.; YANG, X. Iron content and bioavailability in rice. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 333-338, 2005.

MERCIER, C.; FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.

MINIM, V. P. R. **Metodologia para determinação de sucedâneos de manteiga de cacau com chocolate**. 1996. 207f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 1996.

MITCHELL, J. R.; ARÊAS, J. A. G. Structural changes in biopolymers during extrusion. In: KOKINI, J.L.; HO, C.T.; KARWE, M.V. eds. **Food extrusion science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1992, n. 49, p. 345-360.

MITCHELL, M.; BRUNTON, N. P.; WILKINSON, M. G. Impact of salt reduction on the instrumental and sensory flavor profile of vegetable soup. **Food Research International**, v.44, n. 4, p. 1036–1043, 2011.

MONDINI, L.; MONTEIRO, C. A. Mudanças no padrão de alimentação da população urbana brasileira (1962 – 1988). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 433-439, 1994.

MONTEIRO, C. L. B. Análise sensorial - seleção e treinamento de equipes de degustadores. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. Curitiba, v. 2, n. 1, p.19-26, 1984.

MONTEIRO, C. A; MONDINI, L.; COSTA, R. B. L. Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988 – 1996). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 251-258, 2000.

MONTEIRO, M. A. M.; STRINGHETA, P. C.; COELHO, D. T.; MONTEIRO, J. B. R. Estudo sensorial de sopa-creme formulada à base de palmito. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 5-9, 2001.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 5.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1985. 85p.

MORALES, H. R. Evaluation de la análisis sensorial. In: Simposium Iberoamericano de Análisis Sensorial, **Resumos...** Santa Fe, México: Universidad Iberoamericana, 1999.

MORAND, E.; PAGÈS, J. . Procrustes multiple factor analysis to analyze the overall perception of food products. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 17, n.1-2, p. 36–42, 2005.

MOSKOWITZ, H. R. Base size in product testing: a psychophysical viewpoint and analysis. **Food Quality and Preference**, Barking, v.8, p.247–255, 1997.

MOURA, R. A. **Efeito das variáveis de extrusão e da incorporação de glúten, amilose e farinha de milho na qualidade tecnológica da farinha de rosca extrusada em base de trigo**. 2000. 77f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2000

MOURA, L. S. M. **Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz, milho e feijão por extrusão termoplástica** 2012. 123f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2012.

MOURA, M. J.; FIGUEIREDO, M. M. Aplicação das Técnicas de Picnometria de Gás e de Porosimetria de Mercúrio à Caracterização da Madeira de *E. globulus*. **Silva Lusitana**, v. 10, n. 2, p. 207 - 216, 2002.

MOUQUET, A.; SALVIGNOL, B.; VAN HOAN, N.; MONVOISS, J.; TRÉCHES, S. Ability of a “very low-cost extruder” to produce instant infant flours at a small scale in Vietnam. **Food Chemistry**, Barking, v. 82, p. 249-255, 2003.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V., CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240 p.

MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, Essex, v.34, n.6, p.461-471, 2001.

MURTHY, K. V. R.; REY, L.; BELON, P. Photoluminescence and thermally stimulated luminescence characteristics of rice flour. **Journal of Luminescence**, v. 122-123, n. 1, p. 279- 283, 2007.

NABESHIMA, E. H.; HASHIMOTO, J. M.; EL-DASH, A. A. Efeito da adição de emulsificantes em massa alimentícias sem glúten produzidas com extrusora termoplástica. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 223-238, 2003.

NEPA. **Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação**. Tabela brasileira de composição de Alimentos - TACO. 4º Ed. Ver. e ampl. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011. 161 p.

NESTRUD, M. A.; LAWLESS, H. T. Perceptual mapping of citrus juices using projective mapping and profiling data from culinary professionals and consumers. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 19, n. 4, p.431–438, 2008.

NEWELL, G. J.; MACFARLANE, J. D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. **Journal of Food Science**, Malden, v. 52, n. 6, p. 1721–1725, 1987.

NG, M.; LAWLOR, J. B.; CHANDRA, S.; CHAYA, C.; HEWSON, L.; HORT, J. Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensation analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashe. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 25, n. 2, p. 121-134, 2012.

OLIVEIRA JR., L. F. G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERE, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo *in natura*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.159-165, 2006.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Massas alimenticias de arroz: uma revisao. **Boletim CEPPA**, Curitiba; v. 20, n. 2; p. 175–190, 2002.

OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrient in foods**. London: Academic, 1978. p. 47.

PANGBORN, R. M. Sensory evaluation of foods: a look backward and forward. **Food Technology**, Chicago, v.18, p.1309-1313, 1964.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: Riscos microbiológicos da carne**. Goiânia: UFG, 1995. v. 1, p. 294-308.

PARENTE, M. E., ARES, G.; MANZONI, A. V. 2010. Application of two consumer profiling techniques to cosmetic emulsions. **Journal of Sensory Studies**, v. 25, n. 5, p. 685-705, 2010.

PARENTE, M. E.; MANZONI, A. V.; ARES, G. External preference mapping of commercial antiaging creams based on consumers' responses to a check-all-that-apply question. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, n. 2, p. 158–166, 2011.

PEREIRA, J. A. Daninha no sul alimento no norte. **Planeta Arroz**, v. 5, n. 17, p. 29 – 31, 2006.

PEREIRA, J. A. **O arroz vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 90 p.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. A.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedade culinária do arroz vermelho cultivado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 43-48, 2007.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. A.; RIBEIRO, V. Q. Comparação entre características agrônômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 243-248, 2009.

PEREIRA, J. A.; RAMOS, S. R. R. **Cultura do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) no Brasil**. Teresina –PI: Embrapa Meio-Norte, 2004.

PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology, Chicago**, v. 11, n. 9, supl., p. 9-14, 1957.

PIGGOTT, J. R.; SHEEN, M. R.; APOSTOLIDOU, S. G.; Consumers' perceptions of whiskies and other alcoholic beverage. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 2, p. 177-185, 1990.

POLIGNANO, L. A. C.; DRUMOND, F. B.; CHENG, L. C. Mapa de preferência: Uma ponte entre marketing e P&D. In: **Congresso Brasileiro de Gestão do Desenvolvimento de Produto**, 2, 2000, São Carlos. Anais... 2000. p.96-102.

POPPER, R.; KROLL, D. R. Just-About-Right Scales in Consumer Research. **ChemoSense**, v.7, n.3, p.1-3, 2005.

PUNTER, P. H. Bridging the gap between R&D and marketing: The ideal profile method. In **Third European conference on sensory and consumer research**, Hamburg, Alemanha, (2008).

PUYARES, V.; ARES, G.; CARREAU, F. Searching a specific bottle for Tannat wine using a check-all-that-apply question and conjoint analysis. **Food Quality and Preference**, Barking, v.21, n. 7, p. 684-691, 2010.

RAHMAN, M. A.; SAIFULLAH, M.; ISLAM, M. Fish powder in instant fish soup mix. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**,. v.10, n. 1, p. 145–148, 2012.

RAVINDRAN, G.; MATIA-MERINO, L. Starch-fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) polysaccharide interactions in purê and soup systems. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 1047-1053, 2009.

REIS, R. C., MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial Estudos com Consumidores**. Vicosa: UFV, 2006. p.67-83.

RIBAS, A. I.; CÁNOVAS, G. V. B.; GARZA, S. G.; AÑÓ, V. G. **Métodos Experimentales en la Ingeniería de los Alimentos**. 1ª edição. Zaragoza: Acribia, 2000. 292 p.

RIBEIRO, M. M. **Desenvolvimento e Caracterização Sensorial De Iogurte Diet Sabor Morango Enriquecido Com Concentrado Protéico de Soro**. 2008. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG. 2008.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica sensorial descritiva por ordenação**. 2006. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná. 2006.

RICHTER, V. B.; ALMEIDA, T. C. A.; PRUDENCIO, S. H; BENASSI, M. T. Proposing a ranking descriptive sensory method. **Food Quality and Preference**, Barking, v.21, n. 1, p. 611-620, 2010.

RODRIGUE, N.; GUILLET, M.; FORTIN, J.; MARTIN, J. F. Comparing information obtained from ranking and descriptive tests of four sweet corn products. **Food Quality and Preference**, Barking, v.11, n. 1, p. 47-54, 2000.

SANTIAGO, M. C. P. A.; GOUVÊA, A. C. M. S.; GODOY, R. L. O.; OIANO-NETO, J.; PACHECO, S.; ROSA, J. S. Adaptação de um método por cromatografia líquida de alta

eficiência para análise de antocianinas em suco de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.).
Comunicado Técnico, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, n. 162, p. 1-4, 2010.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols.
Journal Nutricional. 130: 2073S-2085S. 2000.

SCHLICH, P.; McEWAN, J. A. Preference mapping a statistical tool for the food industry.
Science des Aliments, Paris, v.12, p.339-355, 1992.

SCHARAMM, G. **Reologia e reometria: Fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Artliber Editora, 2006.

SEBIO, L.; CHANG, Y. K. Effects of selected process parameters in extrusion of yam flour (*Dioscorea rotundata*) on physicochemical properties of the extrudates. **Nahrung**, Weinheim, v. 44, n. 2, p. 96-11, 2000.

SEGATTO, E.; PORTO, B. H. C.; REZENDE, N. C.; MAGALHÃES, R. S.; MARTINS, C. C.; MOREIRA, L. B. Caracterização morfoagronômica de variedades crioulas de arroz vermelho. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Rio Grande do Sul, v. 2, n. 2, p.1038-1041, 2007.

SHIMAKURA, S. E.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. **Estatística**. Disponível em:
<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/node8.html#SECTION00083000000000000000>.
Acesso em 01 mar. 2013.

SILVA, E. M. M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2007.

SILVA, J. M.; PAULA, N. M. **Alterações no padrão de consumo de alimentos no Brasil após o Plano Real**. 2003. Disponível em: http://www.pet-economia.ufpr.br/banco_de_arquivos/00015_artigo%20evinvi%20Joselis.pdf. Acesso em: 07/03/2012.

SILVA, M. C.; THIRÉ, R. M. S. M.; PITA, V. J. R. R.; CARVALHO, C. W. P.; ANDRADE, C. T. Processamento de amido de milho em câmara de mistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 303-310, 2004.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R. Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 3, p. 190-199, 2009.

SILVA, V. L. M. **Efeito das variáveis de extrusão nas características físicas, químicas, sensoriais e nutricionais da farinha instantânea de misturas de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) e arroz (*Oryza sativa*, L.)**. 2002. 175f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2002.

SLOW FOOD BRASIL, **Fortaleza do arroz-vermelho**. Disponível em: www.slowfoodbrasil.com/content/view/130/60/. Acesso em: 15/02/2012.

SMITH, D., 1996. Characterization of Lactose by Helium Pycnometer. In Stephens, K. (ed.), **The Microreport: News and Ideas for Decision Makers**, 2nd Quarter, 7(2) Micromeritics Instrument Corporation, USA.

SRIBURI, P.; HILL, S. E. Extrusion of cassava starch with either variations in ascorbic acid concentration or Ph. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 141-154, 2000.

STAMPANONI, C. R. Quantitative flavour profiling: an effective tool in flavour perception. **Food and Marketing Technology**, p. 4 - 8, 1993a.

STAMPANONI, C. R. The Quantitative profiling technique. **Perfumer Flavourist**, v.18, p. 19-24, 1993b.

STONE, H., SIDEL, J. L. Quantitative descriptive analysis: developments, applications, and the future. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 8, p. 48-52, 1998.

STONE, H., SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**, 2. Ed. New York: Academic Press., 1993, 338p.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**, 3.ed. London: Academic Press. 2004. 408p.

STONE, H.; SIDEL, J. L. 2007. Sensory research and consumer-led food product development. In H. J. H. MacFie (Ed.), **Consumer-led food product development** (pp. 307–320). Cambridge, Inglaterra Woodhead Publishing Limited.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 11, p. 24–33, 1974.

STORCK, C. R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. 2004. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SUN D.; YOO, B. Rheological and Thermal Properties of Blend Systems of Rice Flour and Potato Starch. **Food Science and Biotechnology**, v. 20, n. 6, p. 1679 - 1684, 2011.

SUNDERLAND, R. Continuous breeding production by extrusion cooking. **Cereal Foods World**, Saint. Paul, v. 38, n. 9, p. 685 - 688, 1993.

SUPERMIX. Refrigerados: acompanhe nesta radiografia o que está em alta na mesa do brasileiro e que não deve faltar em sua loja. **Revista Supermix**, n. 40, 1999. p. 18-37.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of mouthfeel characteristics of beverages. In: SHERMAN, P. (Ed.). **Food Texture and Rheology**. London: Academic Press, 1979. p. 1-20.

TAIRA, H.; ITANI, T. Lipid content and fatty acid composition of brown rice of cultivars of the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 36, n. 3, p. 460-462, 1988.

TEBA, C. S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica** 2009. 177f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2009.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Índice de expansão radial de extrudados expandidos diretos de arroz e isolado protéico do soro de leite. In: Fórum da Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 6, 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011. CD-Room.

TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A. A.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, Grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 273-290, 2005.

THAKUR, S.; SAXENA, D. C. Formulation of extruded snack food (gum based cereal-pulse blend): optimization of ingredients levels using response surface methodology. **Food Science and Technology**, Londres, v. 33, n. 5, p. 354-361, 2000.

USP. Universidade de São Paulo. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. São Paulo, 2008. versão 5. Disponível em:
<http://www.fcf.usp.br/tabela/resultado.asp?IDLetter=A&IDNumber=206>. Acesso em: 01.03.2013.

VALENTIN, D.; CHOLLET, S.; LELIÈVRE, M.; ABDI, H. Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 8, p. 1563-1578, 2012.

VAN DEN EINDE, R. M.; VAN DER VEEN, M. E.; BOSMAN, H., VAN DER GOOT, A. J.; BOON, R. M. Modeling macromolecular degradation of corn starch in a twin screw extruder. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 66, n. 2, p.147-154, 2005.

VAN KLEEF, E.; VAN TRIJP, H. C. M.; LUNING, P. Internal versus external preference analysis: an exploratory study on end-user evaluation. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 17, n. 5, p. 387-399, 2006.

VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, Essex, v. 48, n. 2, p. 893-908, 2012.

VELOS NAVES, M. M. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

VERMA, A.; SINGH, N.; CHANDRA, R. Utilization of paneer whey for the preparation of whey corn flour soup. **Journal Home Science**, v. 5, n. 1, p. 139-141, 2010.

VIEIRA, C. R.; LOPES JR, C. O.; RAMOS, C. S.; CAPOBIANGO, M.; SILVESTRE, M. P. C. Extração enzimática das proteínas da farinha de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 599-606, 2008.

WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto.** .). 2009. 119f. Tese (Doutorado em Ciências Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2009.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184 - 1192, 2008

WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; MAIA, L. H.; ARAUJO, F. B. Mingau de arroz e soja pronto para consumo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 855-860, 1999.

WANG, S. H.; OLIVEIRA, M. F.; COSTA, P. S.; ASCHERI, J. L. R.; ROSA, A. G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas pro extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 389-395, 2005.

WEBB, P. A., ORR, C., 1997. **Analytical Methods in Fine Particle Technology**. Micromeritics Instrument Corporation, USA, 301 pp.

WESTAD, F.; HERSLETH, M.; LEA, P. Strategies for consumer segmentation with application on preference data. **Food Quality and Preference**, Barking, v.15, n. 7-8, p.681–687, 2004.

WORCH, T.; LÊ, S.; PUNTER, P. H. How reliable are consumers? Comparison of sensory profiles from consumers and experts. **Ninth sensometrics meeting**, St. Catherines, Ontário, Canadá, 2008.

WU, M.; LI, D.; WANG, L. J.; OZKAN, N.; MAO, Z. H. Rheological properties of extruded dispersions of flaxseed-maize blend. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 98, n. 4, p. 480 - 491, 2010a.

WU, Y.; CHEN, Z.; LI, X.; WANG, Z. Retrogradatgion properties of high amylase rice flour and rice starch by physical modification. **Food Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 492 - 497, 2010b.

WU, Y.; SEIB, P. A. Acetylated and hydroxypropilated distarch phosphates from waxy barley: paste properties and freeze-thaw stability. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, p. 202 - 208, 1990.

YANG, X.; YE, Z. Q.; SHI, C. H.; ZHU, M. L.; GRAHAM, R. D. Genotypic differences in concentrations of iron, manganese, copper, and zinc in polished rice grains. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 21, n. 7, p. 1453-1462, Jul. 1998.

YANG, J.; KIM, H.; CHUNG, L. Sensory Characteristics and Consumer Acceptability of Perilla Porridges. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 785 - 797, 2012.

ZEPPA, G.; BERTOLINO, M.; ROLLE, L. Quantitative descriptive analysis of Italian polenta produced with different corn cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 2, p. 412 - 417, 2012.

ZHANG, J. et al. Effect of cooking temperatures on protein hydrolysates and sensory quality in crucian carp (*Carassius auratus*) soup. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 3, p. 542 - 548, 2013.

ZHANG, M. W.; GUO, B. J.; PENG, Z. M. Genetic effects on Fe, Zn, Mn and P contents in *Indica* Black pericarp rice and their genetic correlations with grains characteristics. **Euphytica**, Amsterdam, v. 135, n. 3, p. 315 - 323, 2004.

ANEXOS

ANEXO A – Ficha de avaliação dos protótipos das formulações das sopas

ANEXO B – Termo de consentimento livre e esclarecido dos provadores

ANEXO C - Ficha utilizada na avaliação final das amostras na ADQ

ANEXO D - Ficha para coleta de dados demográficos dos consumidores no teste de aceitação

ANEXO E - Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação e questionário CATA

ANEXO A - Ficha de avaliação dos protótipos das formulações das sopas

Caracterização de Sopa Instantânea a Base de Arroz Vermelho Sabor Cebola

Nome:

Data:

	Aparência	Aroma	Consistência percebida na boca	Sabor
238				
571				
164				

ANEXO B - Termo de consentimento livre e esclarecido dos provadores

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Eu, Cristina Yoshie Takeiti, portadora do CPF 181.372.318-46, RG 26.796.602-4, Pesquisadora Científica da Embrapa Agroindústria de Alimentos, estabelecida na Av. das Américas 29.501, CEP 23020-470, na cidade do Rio de Janeiro, cujo telefone de contato é (21) 3622 9798, desenvolvo uma pesquisa cujo título é “Desenvolvimento de produtos de conveniência à base de arroz vermelho obtidos por extrusão termoplástica e adicionados de amora preta (*Rubus sp.*)”.

Este estudo tem como objetivo aplicar técnicas sensoriais visando o desenvolvimento de produtos de conveniência de fácil reconstituição, a partir de uma fonte de matéria prima não convencional (arroz vermelho) adicionada de amora preta.

Tomo ciência que a minha participação consistirá na avaliação sensorial de amostras de sopas e bebidas. Os parâmetros analisados serão os atributos de preparo, aparência, sabor e consistência. Posteriormente, as formulações elaboradas serão analisadas quanto à aceitabilidade por consumidores que gostem e consumam no mínimo uma vez por mês o produto em questão, no laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Os produtos serão avaliados através do teste de aceitação utilizando-se a Escala Hedônica estruturada de 9 pontos, com categorias que variam de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente”, correspondendo aos valores de 1,0 a 9,0, respectivamente.

Minha participação nesta pesquisa é voluntária e trará riscos ou desconfortos mínimos, uma vez que me será perguntado sobre possíveis alergias, excluindo-se a minha participação caso apresente qualquer intolerância alimentar, diabetes, doença celíaca, hipertensão ou asma.

Informo que o Sr(a). tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Também lhe é garantida a liberdade de retirar-se a qualquer momento deste estudo e as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outras pessoas, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes. Os dados coletados nesta pesquisa serão veiculados através de artigos científicos, em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos. Entretanto, comprometo-me a manter sigilo das informações prestadas.

Declaro para os devidos fins que, por livre e espontânea vontade, aceito participar voluntariamente da pesquisa acima citada, ficando claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos e a garantia de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas.

Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO):

Comitê de Ética em Pesquisa em caso de reclamações: CEP UNIRIO
Fone: (21) 2542-7785.
Endereço: Avenida Pasteur, 296 –Urca – Rio de Janeiro.
E-mail: cep.unirio09@gmail.com

Dra. Cristina Yoshie Takeiti - Telefone: (21) 3622 9798
(Responsável Técnica Laboratório de Cereais)

Nome completo do entrevistado: _____
E-mail: _____ **Fone:** _____
Data de nascimento: ___/___/____ **RG:** _____

De acordo,

Assinatura do voluntário

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

ANEXO C - Ficha utilizada na avaliação final das amostras na ADQ



Agroindústria de Alimentos

Nome: _____ Data: ____/____/____ **AMOSTRA:**

Você está recebendo uma amostra de SOPA INSTANTÂNEA. Por favor, avalie a amostra nas escalas correspondentes os atributos de solubilidade, aroma, aparência, consistência e sabor nesta sequência. Marque um traço vertical nas escalas abaixo, na posição que melhor identifique a intensidade percebida.

SOLUBILIDADE

Solubilidade no momento do preparo

Pouco Muito

AROMA

Arroz Cozido

Ausente Muito

Condimentos

Pouco Muito

APARÊNCIA

Cor

Clara Escura

Viscosidade aparente

Pouco Muito

CONSISTÊNCIA

Consistência percebida na boca

Pouco

Muito

SABOR

Cebola

Pouco

Muito

Condimento

Pouco

Muito

Cereal

Pouco

Muito

Gosto salgado

Pouco

Muito

Comentários: _____

ANEXO D - Ficha para coleta de dados demográficos e de saúde dos consumidores no teste de aceitação



ESTUDO SOBRE SOPA INSTANTÂNEA DE CEBOLA

1. Consumidor: _____ Data: _____
2. Sexo: feminino masculino
3. Idade:
 18-25 anos 26-36 36-45 46-55 56-65 > 66 anos
4. Escolaridade:
 Fundamental Fundamental incompleto Médio Médio incompleto Superior
 Superior incompleto Pós-graduação Pós-graduação incompleto
5. Com que frequência você consome sopa instantânea?
 nunca raramente esporadicamente frequentemente diariamente

Por favor, responda SIM ou NÃO às questões relacionadas à sua saúde em geral. Você possui:

Doenças crônicas degenerativas?

Sim, Qual? _____ Não

Hipertensão? Sim Não

Diabetes? Sim Não

Asma? Sim Não

Disfunção renal? Sim Não

Alergias?

Sim, Qual? _____ Não

Intolerâncias alimentares (ex.: lactose, glúten, proteínas de ovo ou leite de vaca)?

Sim, Qual? _____ Não

Usa medicamentos regularmente?

Sim, Qual? _____ Não

Gestante? Sim Não

Nutriz (em fase de amamentação)? Sim Não

ANEXO E - Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação e questionário CATA



Agroindústria de Alimentos

Consumidor:

Amostra:

Você está recebendo uma amostra de **sopa instantânea sabor cebola**. Por favor, *DISSOLVA, OLHE, CHEIRE E PROVE* a amostra e avalie o quanto você gostou utilizando a escala abaixo.

Desgostei extremamente
 desgostei muito
 desgostei moderadamente
 desgostei ligeiramente
 não gostei e nem desgostei
 gostei ligeiramente
 gostei moderadamente
 gostei muito
 gostei extremamente

Marque todas as palavras que você considera adequada para descrever essa sopa:

Sabor de cebola()	Deliciosa ()
Condimentada ()	Salgada ()
Saborosa ()	Aroma bom()
Rala ()	Encorpada ()
Sabor estranho ()	Sabor ruim ()
Sem sabor ()	Cor atrativa ()
Aroma de arroz cozido()	Aroma fraco()
Sabor de cereal()	Aroma estranho ()
Sem sal ()	Fácil de dissolver()
Difícil de dissolver()	Aparência boa ()