

**EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE FARINHA  
DE ARROZ COM CAFÉ TORRADO E MOÍDO  
E SUA UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS DE  
PANIFICAÇÃO**

**REGINALDO FERREIRA DA SILVA**

**2006**

**REGINALDO FERREIRA DA SILVA**

**EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE FARINHA DE ARROZ COM CAFÉ  
TORRADO E MOÍDO E SUA UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS DE  
PANIFICAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras como parte das exigências do Programa  
de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos,  
para obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora  
Profa. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Reginaldo Ferreira da

Extrusão termoplástica de farinha de arroz com café torrado e moído e sua utilização em produtos de panificação / Reginaldo Ferreira da Silva. -- Lavras : UFLA, 2006.

166 p.: il.

Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Extrusão. 2. Arroz. 3. Café. 4. Novos produtos. 5. Alimentos funcionais. 6. Análise sensorial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.07

**REGINALDO FERREIRA DA SILVA**

**EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE FARINHA DE ARROZ COM  
CAFÉ TORRADO E MOÍDO E SUA UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS DE  
PANIFICAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras como parte das exigências do Programa  
de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos,  
para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 01 de dezembro de 2006.

Dr. Jose Luis Ramirez Ascheri	EMBRAPA -RJ
Dra. Joelma Pereira	UFLA -MG
Dr. Rubens José Guimarães	UFLA - MG
Dr. José Luis Contado	UFLA -MG
Dr. Carlos José Pimenta	UFLA -MG



Profa. Rosemary Guaberto Fonseca Alvarenga Pereira

UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*Com amor e devoção ao criador do universo por tanta generosidade e oportunidades a mim concedidas.*

(†in memorian), a minha Tia Antônia Odete. Que Deus te guarde no paraíso eternamente. Você foi e sempre será minha tia do coração.

(†in memorian), a minha sogra Marlene de Melo Moura. O teu lugar no paraíso será recompensa da tua bondade como ser humano, mãe e avó.

Aos meus cunhados Jailton e Kaida pela ajuda, atenção e apoio nos momentos difíceis.

Ao amor da minha vida, esposa e companheira dos momentos difíceis, Maria Angélica M. M. Silva. Aos meus filhos Renielly, Raiany e Igor pelo amor, carinho, paciência e compreensão pela ausência no dia-a-dia. Vocês são a razão constante desta busca pela felicidade.

Aos meus progenitores, Raimundo Martins da Silva e Francisca Costa Ferreira, com amor e eterna gratidão. Obrigado, minha mãe, por um dia confiar em mim. Esta confiança e amor valeram meu sucesso....

Aos meus irmãos, Rogério e Rosicleide, pelo apoio, amizade e incentivo.

Especialmente à minha irmã Rosimare. Você também faz parte de todas as conquistas que pareciam impossíveis. Com a sua ajuda, em todos os sentidos, é claro que ficou bem mais fácil. Te amo!!!

DEDICO.....

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela oportunidade de realização do curso.

Ao atual Secretário da EMATER-AC, Marcos Inácio Fernandes, por assumir a responsabilidade de me liberar para cursar o Doutorado no momento de indecisão.

À Professora Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira pela amizade e confiança.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ pela oportunidade de realizar o estágio para complementação da minha pesquisa, pré-requisito para o término do curso de doutorado.

Em especial ao Dr. José Luis Ramirez Ascheri por ter aceitado o desafio de me orientar em tão curto espaço de tempo. Sem a sua valiosa ajuda e imprescindível orientação não teria conseguido terminar o curso dentro do prazo previsto. Serei sempre grato por tudo, que Deus o abençoe e o conserve sempre assim, atencioso e humilde em todas as suas ações como profissional e ser humano, pois a sua competência é inquestionável.

Ao Dr. Diego Palmiro Ramírez Ascheri, Prof. da Universidade Estadual de Goiás, pela preciosa ajuda na realização das análises estatísticas.

Ao professor Dr. Luis Carlos de Oliveira Lima por toda atenção, orientação, recomendações e tempo dedicados a discutir sobre meu projeto de tese.

Ao professor Dr. Carlos José Pimenta pela atenção, amizade, ensinamentos e confiança em minha pessoa.

À professora Dra. Maria Cristina Bressan pela atenção, ensinamentos, paciência, carinho e amizade.

A todos os demais professores do Departamento de Ciência dos Alimentos pelo convívio, ensinamentos e amizade.

A minha grande amiga Maria do Socorro Ribeiro pelo incentivo, pela ajuda e pela intervenção junto à Diretoria da EMATER-AC quando da minha liberação para cursar o doutorado. A minha caminhada sempre esteve alicerçada por pessoas sérias, justas e honestas como você; por isso, sempre caminhei com segurança, determinação, muita vontade de vencer e dedicação na busca de meus objetivos de vida.

Ao meu grande amigo e anjo da guarda, Eli Moura, pelo acolhimento e atenção exclusiva quando da minha chegada em Campo Grande – RJ. Sua ajuda foi imprescindível para minha estadia e da minha família, com segurança e tranquilidade durante os quase oito meses em que morei no Rio de Janeiro. Jamais o esquecerei como amigo e como ser humano maravilhoso que você é. Que Deus abençoe você e toda a sua família!

À minha grande amiga de doutorado, Kelen Cristina, pelo apoio, carinho e incentivo incansáveis no dia-a-dia, nos momentos de desânimo, tristeza e preocupação.

Aos auxiliares de pesquisa do Laboratório de Cereais e Extrusão da EMBRAPA-RJ, Tatiana, Sr. Francisco e David, pela ajuda, convívio e atenção.

Com carinho especial à mestranda da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Erica Madeira, pela ajuda nos trabalhos de laboratório, pela amizade e pelo convívio.

# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I.....	3
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 CAFÉ ( <i>Coffea arabica L.</i> ).....	4
2.1.1 Composição química do grão de café cru.....	4
2.1.2 Proteínas.....	5
2.1.3 Lipídeos.....	6
2.1.4 Carboidratos.....	8
2.1.5 Efeitos da torração sobre a composição química do grão.....	10
3. Importância do café como alimento.....	11
3.1 Produtos derivados do café.....	15
4. ARROZ ( <i>Oriza Sativa L.</i> ).....	17
4.1 Composição química e valor nutritivo do arroz.....	17
4.2 Utilização do arroz na obtenção de novos produtos.....	20
5. EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA.....	22
5.1 Definição.....	22
5.2 O extrusor.....	22
5.3 Descrição do processo de extrusão termoplástica.....	24
5.4 Vantagens e aplicação da extrusão.....	26
6. PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS DE PRODUTOS EXTRUSADOS.....	29
6.1 Índice de expansão (IE).....	29
6.2 Índice de absorção de água (IAA) e Solubilidade em água (ISA).....	30
6.3 Viscosidade de pasta (VP).....	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPITULO II.....	46
Pó de café e farinha de arroz: Parâmetros qualitativos.....	46
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
1 INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL E METODOS.....	51
2.1 Aquisição e preparo das matérias-primas.....	51
2.2 Análises físico-químicas.....	51
2.2.1 Classificação granulométrica.....	51
2.2.2 Umidade.....	52
2.2.3 Lipídeos.....	52

2.2.4	Proteínas.....	52
2.2.5	Cinzas.....	53
2.2.6	Fibras totais.....	53
2.2.7	Carboidratos totais.....	53
2.2.8	Valor calórico.....	53
2.2.9	Aminoácidos.....	53
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.1	Caracterização físico-química do pó de café e do arroz cru.....	54
3.1.1	Granulometria.....	54
3.2	Composição química das matérias-primas.....	56
3.2.1	Umidade.....	57
3.2.2	Lipídeos.....	58
3.2.3	Proteína bruta.....	59
3.2.4	Carboidratos totais.....	60
3.2.5	Cinzas.....	60
3.2.6	Fibras totais.....	61
3.2.7	Valor calórico.....	62
3.2.8	Perfil de aminoácidos.....	63
4	CONCLUSÕES.....	67
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
	CAPITULO III.....	73
	Caracterização tecnológica de extrusados de farinha de arroz com pó de café.....	73
	RESUMO.....	74
	ABSTRACT.....	75
1	INTRODUÇÃO.....	76
2	MATERIAL E METODOS.....	78
2.1	Matérias-primas.....	78
2.2	Metodologia experimental.....	79
2.2.1	Metodologia de superfície de resposta.....	79
2.2.2	Condicionamento das amostras.....	83
2.2.3	Processo de extrusão.....	84
2.3	Propriedades físicas dos extrusados.....	87
2.3.1	Índice de expansão (IE).....	87
2.3.2	Densidade aparente (DAP).....	87
2.4	Propriedades funcionais dos produtos extrusados.....	88
2.4.1	Índice de absorção (IAA) e solubilidade em água (ISA).....	88
2.4.2	Viscosidade de pasta (VP).....	89
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
3.1	Características físicas e funcionais de extrusados de pó de café com farinha de arroz.....	90
3.1.1	Índice de expansão (IE).....	93

3.1.2 Densidade aparente (DAP).....	98
3.1.3 Índice de absorção de água (IAA).....	100
3.1.4 Índice de solubilidade em água (ISA).....	107
3.2 Viscosidade de pasta (VP).....	113
3.2.1 Viscosidade inicial (VI).....	113
3.2.2 Viscosidade máxima (VM).....	119
3.2.3 Viscosidade final (VF).....	124
4. CONCLUSÕES.....	130
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
CAPITULO IV.....	136
Características químicas e aceitabilidade de biscoitos e bolos a base de arroz e café.....	136
RESUMO.....	137
ABSTRACT.....	138
1. INTRODUÇÃO.....	139
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	141
2.1 Classificação granulométrica.....	141
2.2 Análises químicas.....	141
2.3 Análise sensorial.....	142
2.3.1 Teste de preferência.....	143
2.3.2 Preparo do biscoito e do bolo.....	144
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	146
3.1 Caracterização físico-química e sensorial.....	146
3.1.2 Análise física.....	146
3.1.3 Composição química.....	148
3.1.4 Perfil de aminoácidos.....	151
3.2 Análise sensorial.....	154
3.2.1 Preferência dos produtos.....	154
4. CONCLUSÕES.....	158
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
ANEXOS.....	163

## RESUMO

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Extrusão termoplástica de farinha de arroz com café torrado e moído e sua utilização em produtos de panificação.** 2006. 166p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Este trabalho teve como objetivo elaborar farinhas pré-cozidas de misturas de arroz com pó de café utilizando a extrusão termoplástica e verificar sua viabilidade como alimento funcional com qualidade sensorial. Foram realizadas análises de composição centesimal das matérias-primas e dos produtos processados. As variáveis independentes utilizadas durante o processo de extrusão foram umidade, temperatura e percentual de pó de café na mistura com o arroz. A caracterização física dos produtos foi realizada por meio do índice de expansão, da densidade aparente, do índice de absorção, da solubilidade em água e da viscosidade de pasta inicial, máxima e final. Testes sensoriais de preferência foram realizados em quatro amostras: duas de biscoito e duas de bolo, elaboradas com as farinhas extrusadas de pó de café/arroz (15:85; 20:80 p/p). Estas farinhas foram utilizadas na proporção de 20 e 30% nas massas de trigo (80 e 70%), respectivamente. Os resultados obtidos mostram diferenças significativas para todos os constituintes químicos analisados no pó de café e na farinha de arroz crua, respectivamente: umidade, 4,89 e 12,44; lipídeos, 11,60 e 0,69; proteína bruta, 15,75 e 7,32; carboidratos totais, 62,92 e 79,08; cinzas, 4,84 e 0,47; fibras totais, 14,22 e 1,57 g/100 e valor calórico, 419,08 Kcal e 351,81. Nos produtos elaborados, ou seja, biscoitos e bolos a composição centesimal apresentou os seguintes resultados: lipídeos, 7,62 e 8,40; proteína bruta, 7,62 e 7,88; carboidratos totais, 75,65 e 76,05; cinzas, 1,39 e 1,49; fibras totais, 2,80 e 3,0 g/100g e valor calórico, 400,06 e 410,88 Kcal. Os biscoitos e bolos elaborados com os tratamentos que apresentaram os melhores resultados de IAA e ISA processados com 15 e 20% de pó de café na mistura demonstraram, através da análise sensorial, sua viabilidade para elaboração de bolos com ambos os tratamentos por não apresentarem diferenças estatísticas entre si para todos os parâmetros avaliados (sabor, aroma, textura e impressão global). Entretanto, biscoitos elaborados com 15% de pó de café na mistura apresentaram preferência para aroma e textura em relação aos elaborados com 20%. As informações obtidas nesta pesquisa indicam que é viável, dos pontos de

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA (Orientadora); José Luis Ramirez Ascheri (Co-orientador) – EMBRAPA.

vista tecnológico e sensorial, a elaboração de produtos obtidos através da extrusão termoplástica de farinha de arroz com pó de café.

## ABSTRACT

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Thermoplastic extrusion of rice flour with toasted and ground coffee and its utilization in baking products.** 2006. 166p. Thesis (Doctorate in Science Food) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.<sup>1</sup>

This work was intended to manufacture pre-cooked flours of mixtures of rice with coffee powder utilizing thermoplastic extrusion and verify its viability as a functional food with sensorial quality. The independent variables utilized during the extrusion process were moisture, temperature and percent of coffee powder in the mixture with rice. The physical characterization of the produces was performed by means of expansion index, of apparent density, of the absorption index, of water solubility and of viscosity of initial, maximal and final paste. Sensorial tests of preference were accomplished in four samples: two of biscuits and two of cakes manufactured with the extruded flours of coffee powder/rice (15:85, 20:80 w:w). These flours were utilized at the ratio of 20 and 30% in the wheat doughs (80 and 70%), respectively. The results obtained show significant differences for all the chemical constituents analyzed in the coffee powder and raw rice flour, respectively: moisture, 4.89 and 12.44; lipids, 11.60 and 0.69; crude protein, 15.75 and 7.32; total carbohydrates, 6.92 and 79.08; ashes, 4.48 and 0.47, total fibers, 14.22 and 1.57g/100 and caloric value, 419.08 Kcal and 351.81. In the products manufactured, that is, biscuits and cakes the centesimal composition the presented the following results : lipids, 7.62 and 8.40; crude protein, 7.62 and 7.88; total carbohydrates 75.65 and 76.05; ashes 1.39 and 1.49; total fibers , 2.80 and 3.0 g/100g and caloric value, 400.06 and 410.88 Kcal. The biscuits and cakes manufactured with the treatments which presented the best results of IAA and ISA processed with 15 and 20% of coffee powder in the mixture demonstrated through sensorial analysis, their viability for manufacture of cakes with both treatments for not presenting any differences for statistical differences from one another for all the evaluated parameters preference for aroma and texture relative to the one manufactured with 20%. The information obtained in this research point that its is viable from the

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA (Adviser); José Luis Ramirez Ascheri (Co-Adviser) – EMBRAPA.

technological and sensorial standpoint , the making of products obtained through the thermoplastic extrusion of rice flour with coffee powder.

# 1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva de café no Brasil é grande geradora de empregos e fixadora de mão-de-obra no campo. Estima-se que ela empregue cerca de quatro milhões de pessoas na produção. Considerando todos os segmentos envolvidos (produção, indústria, comércio e serviços), o número de empregos pode chegar a 10 milhões (Cenário, 2001). Entretanto, o maior volume de exportação dessa produção é feita na forma de grãos, dando, assim, a oportunidade aos países importadores de industrializar e comercializar na forma de outros produtos manufaturados de alto valor agregado.

Preocupada com a instabilidade na cadeia produtiva, a pesquisa tenta desenvolver novas alternativas para ampliar o consumo de café no Brasil, apostando também no segmento dos gêneros alimentícios. Novos produtos implicam em novas alternativas de consumo, possibilitando a conquista de novos consumidores. Nesse sentido, a tecnologia de extrusão termoplástica é uma excelente ferramenta para atender à atual demanda pela diversificação de produtos alimentícios à base de café, facilitando, assim, a elaboração de derivados de café inovadores, que possam chamar a atenção de novos consumidores.

O processo de extrusão combina diferentes operações unitárias, como alimentação, mistura, extrusão e formatação dos alimentos. Essa tecnologia oferece vantagens adicionais em relação às convencionais por proporcionar a minimização do tempo, da energia, dos custos, produção contínua em larga escala, alta capacidade de produção por unidade de área e ausência de efluentes (Meuser et al., 1982). A extrusão de alimentos tem sido descrita com sendo a transformação em um reator de fluxo contínuo, na qual ocorrem mudanças nos biopolímeros e misturas de ingredientes a temperaturas e pressão relativamente

altas, com forças de cisalhamento e umidade relativamente baixas (Mitchell & Áreas, 1975).

Nos últimos 10 anos o arroz em forma de quirera, considerado de qualidade inferior, tem sido utilizado como matéria-prima para a elaboração de uma série de produtos que podem ser desenvolvidos através do processo de extrusão, como constituinte principal ou ingrediente em formulações na elaboração de novos produtos para o consumo humano e animal (Ascheri, 2000 e Silva, 2002).

Para atender aos objetivos deste trabalho, foi utilizada como ingrediente uma mistura de café torrado e moído com farinha de arroz, sendo que este cereal apresenta, alto teor de amido, boas propriedades funcionais de índice de expansão, absorção, solubilidade e viscosidade de pasta, além de o arroz ser considerado um dos alimentos de maior valor nutricional entre todos os cereais amiláceos utilizados na alimentação humana.

**CAPÍTULO I.**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

#### 2.1.1 Composição química do grão de café cru

O grão de café é constituído pelo endosperma, que é o componente de maior valor comercial do fruto, pois é a partir do grão torrado e moído que se obtém a bebida, produto com grande procura e aceitação no mercado internacional.

A maior parte do grão é constituída de células de estocagem parenquimatosas, as quais contêm essencialmente lípídeos, proteínas, carboidratos, cafeína, ácidos clorogênicos e sais minerais (Clarke & Macrae, 1985).

As duas espécies mais cultivadas no mundo, do gênero *Coffea*, conhecidas como *arábica* e *canephora*, apresentam diferenças tanto na composição química quanto nas alterações de seus componentes durante o processamento. A Tabela 1 apresenta os principais componentes químicos do café, presentes no grão cru, e a diferença entre os teores das duas principais espécies comerciais.

É bem conhecido que a espécie ou variedade de planta, o solo, a altitude e as condições de manejo pré e pós-colheita são fatores que influenciam diretamente a composição química do grão de café cru.

Segundo Toci (2004), além da espécie e da variedade, a composição química do grão de café depende de outros fatores, tais como práticas agrícolas, estágio de maturação do fruto e condições de armazenamento.

**TABELA 1.** Composição química (em % de matéria seca) de grãos crus de café arábica e canephora.

<b>Componentes</b>	<b>Arábica</b>	<b>Robusta</b>
Lipídios	12,0 – 18,0	9,0 – 13,0
Proteínas	11,0 – 13,0	11,0 – 13,0
Aminoácidos	2,0	2,0
Polissacarídeos	50,0 – 55,0	37, - 47,0
Oligossacarídeos	6,0 – 8,0	5,0 – 7,0
Minerais	3,0 – 4,2	4,0 – 4,5
Ácidos clorogênicos	5,5 – 8,0	7,0 – 10,0
Cafeína	0,9 – 1,2	1,6 – 2,4

**Fonte:** Clarke & Macrae (1985).

### **2.1.2 Proteínas**

As proteínas estão presentes em todos os tecidos dos grãos de café, com maiores concentrações no embrião, escutelo e endosperma. Segundo Clarke & Macrae (1985), as proteínas no café estão localizadas principalmente no limite do citoplasma ou rodeando os polissacarídeos da parede celular.

O grão de café cru apresenta quantidades de proteínas que variam de 8,7 a 16% (Clarke & Macrae, 1985; Illy & Viani, 1995). De acordo com Zanotti & Neto (2005), o café possui 12% de proteínas, compreendendo aminoácidos comuns e aminoácidos saturados como cistina e metionina, sendo estes importantes para a formação do aroma.

A maioria destas proteínas são solúveis em água, representadas principalmente pela fração albumina, e podem ser completamente desnaturadas durante o processo de torração. À medida que o grau de torrefação aumenta, as

proteínas são degradadas. Illy & Vianni (1995) citam que as perdas das proteínas variam de 20 a 40% com a torração média e chegam a 50% com a torração escura.

Segundo Casal et al. (2003), a composição de aminoácidos totais da proteína do grão de café das duas espécies de maior valor comercial *arábica* e *canephora* são praticamente semelhantes, diferenciando-se apenas no teor de aminoácidos da L glutamina. Entretanto, a quantidade de aminoácidos presentes no café cru é muito baixa, em torno de 0,4 a 3,0% (Clifford, 1985).

Quando grãos de café são submetidos a altas temperaturas de torrefação, entre 185 e 240°C, ocorre a caramelização de açúcares e reação de Maillard pela combinação de açúcares com aminoácidos, peptídeos e proteínas. Os produtos finais resultantes desta reação são as glicosilaminas e melanoidinas, marrons e agrídoces, que dão o gosto dominante no café (Illy, 2002).

A degradação dos aminoácidos é quase total e alguns traços de aminoácidos livres estão presentes no café torrado. De acordo com Illy & Viani (1995), além das reações de Maillard e Strecker, acontecem as degradações de aminoácidos, sulfurosos, a degradação de hidroxiaminoácidos e a degradação de prolina e hidroxiprolina.

Segundo Lima (2003), no grão de café estão presentes os seguintes aminoácidos: alanina, arginina, asparagina, cisteína, ácido glutâmico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, tirosina e valina.

### **2.1.3 Lipídeos**

Os lipídeos são encontrados sob a forma de glicerídeos, ácidos graxos e fosfolipídios. São de ocorrência generalizada em todos os órgãos das plantas, porém com predominância nos grãos de café, com maior concentração no embrião.

Os lipídeos constituem uma importante fração de componentes orgânicos presentes no grão de café cru. Segundo Zanotti & Neto (2005), o café é rico em óleos; o arábica possui de 12 a 18% e o robusta, de 9 a 14%, sendo quase 80% de triacilgliceróis (ácido palmítico e linoléico).

Os lipídeos do grão, quando submetidos ao processo de aquecimento (torração) e na presença de ácidos, são hidrolisados a glicerina e ácidos graxos de cadeia curta, que são volatilizados parcialmente. Segundo Carvalho (1998), uma vez livres, os lipídeos se movimentam pelo grão, umedecendo sua superfície e apresentando odor oleoso, semelhante àqueles formados na cocção de óleos vegetais.

Os lipídeos atuam como uma peneira seletiva na retenção das substâncias aromáticas do grão de café, melhorando a qualidade do produto. A presença de maiores quantidades de lipídeos no café é característica de indicativo de qualidade, pois a degradação da estrutura da membrana aumenta a quantidade de ácido graxo livre e diminui as insaponificáveis, tendo em vista que as lipases são ativadas pela absorção de água (Amorim, 1978).

Muitos lipídeos polares têm característica de agentes ativos importantes na superfície e aumentam a dispersão dos óleos na bebida do café expresso, e são fundamentais para preservar o corpo do mesmo, aumentando sua estabilidade. Quanto mais fina a moagem, maior será a extração de lipídeos, e conseqüentemente aumenta a sua susceptibilidade a processos oxidativos, podendo influenciar diretamente na qualidade da bebida. Os lipídeos que migram para a superfície dos grãos oxidam e, quase imediatamente, produzem um sabor de ranço. As principais classes de lipídeos presentes no grão de café cru e suas respectivas quantidades estão apresentadas na Tabela 2.

**TABELA 2.** Principais classes de lipídeos presentes no grão de café cru e suas respectivas porcentagens.

<b>Classe de lipídeos</b>	<b>Percentual no grão (%)</b>
Ésteres de esteróis	1,2
Triacilgliceróis	75,5
Terpenos	15,1
Esteróis livres	1,5
Ácidos graxos livres	1,2
Acilgliceróis parciais	5,5
Lipídeos polares	0,6
Não Identificados	1,0

**Fonte:** Nikolova-Damyanova et al. (1998).

#### **2.1.4 Carboidratos**

Os carboidratos são compostos orgânicos que contêm carbono, hidrogênio e oxigênio na sua composição. Na maioria dos grãos representam, quantitativamente, o componente mais importante. Nos grãos de cereais como o trigo, cevada, milho, sorgo e arroz, chegam a representar 80% da matéria seca total.

As duas maiores frações que compõem os polissacarídeos não celulósicos presentes no grão de café, galactomananos e arabinogalactonanos, são insolúveis em água. Os galactomananos apresentam em sua constituição uma cadeia linear de manoses unidas entre si por ligações do tipo  $\beta(1\rightarrow4)$  (Fischer et al., 2001). Este composto constitui, aproximadamente, 20 a 30% do peso seco de grãos de café *arábica* e *canephora*. As arabinogalactanas são formadas de cadeia principal de galactose com ligação  $\beta(1\rightarrow3)$  e ramificações

do tipo  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 6) ligadas ao carbono 6 contendo resíduo de arabinose e/ou galactose.

De acordo com Zanotti & Neto (2005), os carboidratos representam mais da metade dos componentes do grão, variando de 51 a 60%, dos quais 5 a 9% são açúcares redutores e sacarose; 43 a 50% são polissacarídeos (celulose, amido, mucilagem e pectinas), sendo os demais oligo e monossacarídeos (6%). Segundo Abraham (1992), os teores de polissacarídeos totais presentes nos grãos crus apresentam uma variação de 44 a 55% para o café arábica e de 37 a 47% para o canephora. Os principais monossacarídeos presentes no grão de café são ramnose, arabinose, galactose, glicose, xilose e manose.

De acordo com Sivetz (1963), a sacarose é o principal carboidrato livre presente no café cru e representa cerca de 96% do total de carboidratos de baixo peso molecular. Este carboidrato é importante por participar diretamente das reações de Maillard, caramelização e Strecker. Os carboidratos presentes no grão de café são quase que totalmente degradados durante a torração.

A sacarose é termicamente lábil a 130°C. Cerca de 90% da sacarose presente no grão de café cru é degradada com a torração, que resulta no escurecimento do grão de café e, como consequência, quase nada de sacarose permanece no grão torrado (Illy & Viani, 1995). Na Tabela 3 são apresentados os teores de sacarose em grãos de café *arábica* e *canephora* cru e torrado e o percentual de perda considerado para as duas espécies durante a torração.

**TABELA 3.** Teor de sacarose no grão cru e o percentual de perda durante os diferentes tipos de torra.

Tipo de torra	Sacarose			
	<i>Café arábica</i>		<i>Café canephora</i>	
	(%) no grão	(%) de perda	(%) no grão	(%) de perda
Café cru	8,46	-	7,13	-
Clara	0,25	97,1	0,24	96,6
Média	0,07	99,1	0,07	99,0
Escura	-	100,0	-	100,0
Muito escura	-	100,0	-	100,0

**Fonte:** Adaptado de Trugo (1984a).

Cafés torrados apresentam pequenas quantidades de frutose e glicose, derivadas da hidrólise da sacarose; estes dois componentes, quando em altas concentrações, participam das reações de Maillard com grupos aminos. Os polissacarídeos e outras moléculas são importantes na retenção de compostos voláteis e também contribuem para a viscosidade do café, ou seja, dão corpo à bebida.

### 2.1.5 Efeitos da torração sobre a composição química do grão

A torrefação dos grãos de café é um processo pirolítico (induzido pelo calor) que amplia a complexidade química do grão. O café cru contém cerca de 250 espécies moleculares voláteis diferentes, enquanto o grão torrado possui mais de 800 (Illy, 2002).

Durante a torrefação, o volume do grão de café aumenta em 50% ou mais, enquanto a massa do grão diminui em um quinto. Segundo Trugo &

Macrae (1986), neste processo estão envolvidas complexas reações de pirólise, bem como de condensação, originando produtos degradativos a partir de diversos precursores, como proteínas, carboidratos, compostos fenólicos e nitrogenados de menor massa molecular; concomitantemente, verifica-se a formação de pigmentos de elevada e variável massa que, no seu conjunto, formarão as características específicas da bebida do café.

As condições de torrefação envolvem a associação do binômio tempo e temperatura e serão determinantes para as características sensoriais de aroma, sabor e cor do produto final. Illy (2002) cita que quanto mais alta a temperatura final de torrefação, menos desejável será o aroma e mais forte o amargor da bebida. Da mesma forma, temperaturas de torrefação baixas não desenvolvem inteiramente aromas desejáveis. Nesse caso, a acidez pode predominar (Segges, 2001).

### **3 IMPORTÂNCIA DO CAFÉ COMO ALIMENTO**

Apesar de estudos terem avançado na caracterização e quantificação dos componentes químicos presentes no grão de café cru e torrado, a importância do valor nutricional e funcional do café como alimento ainda é um tema controverso.

Segundo Sivetz & Foote (1997), o café não possui valor nutricional relevante, sendo consumido basicamente devido aos efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados à presença da cafeína e, principalmente, pelo prazer e satisfação que seu aroma e sabor são capazes de propiciar.

Entretanto, de acordo com Lima (2003), dependendo da espécie, *arábica* ou *canephora*, o café apresenta de 0,9 a 1,2 e 1,6 a 2,4 % de cafeína, respectivamente, bem como diversas outras substâncias em maior quantidade como os ácidos clorogênicos e seus principais isômeros, os ácidos

cafeoilquínicos (ACQ), feruloilquínicos (AFQ) e dicafeoilquínicos (Adi-CQ) e, minoritariamente, os ácidos p-cumaroilquínicos (p-AcoQ), (Clifford, 1985; Trugo, 1984a), além de trigonelina, etc. Estas substâncias podem até ser mais importantes do que a cafeína para o organismo humano. Segundo o mesmo autor, o grão de café possui uma grande variedade de minerais, importantes para o organismo. A Tabela 4 apresenta a diferença do teor de minerais entre três bebidas conhecidas como as mais consumidas no mundo, água, café e bebidas isotônicas. As bebidas isotônicas comercializadas em supermercados e outros estabelecimentos comerciais, são quase iguais à solução caseira de reidratação oral (SRO), obtida com uma pitada de açúcar e outra de sal em um copo de água, acrescida de potássio.

**TABELA 4.** Teores de minerais presentes no café, na água e na bebida isotônica da gatorade em mg/litro.

<b>Minerais</b>	<b>Café (mg/L)</b>	<b>Água Mineral (mg/L)</b>	<b>Gatorade (mg/L)</b>
K	100-500	1,50	120
Ca	100-300	60	0
Mg	120-250	13	0
Na	20 a 70	1	450
Cl	0,01	0,01	420
Fe	2 a 5	0	0
Zn	5 a 30	0	0
Sr	5 a 20	0	0
Outros	1 a 2	Traços	-

**Fonte:** Lima (2000).

Adicionalmente, o café também possui uma vitamina do complexo B, a niacina (vitamina B<sub>3</sub>, PP ou "Pelagra Preventing" do inglês) e, em maior

quantidade que todos os demais componentes, os ácidos clorogênicos, na proporção de 7 a 10 %, o que representa uma quantidade de 3 a 5 vezes maior que a cafeína (Lima, 2000). Apenas a cafeína é termoestável, ou seja, não é destruída com a torrefação excessiva. As demais substâncias, como aminoácidos, açúcares, lipídeos, niacina e os ácidos clorogênicos, são preservadas, formadas ou mesmo destruídas durante o processo de torra.

Dentre esta complexidade molecular, a cafeína é um alcalóide farmacologicamente ativo pertencente ao grupo das xantinas mais conhecido (Amaud, 1999). Dos diversos efeitos atribuídos à cafeína, alguns já apresentam comprovação científica como o efeito estimulante do sistema nervoso central, a diminuição do sono e estimulante do músculo cardíaco (Nehlig, 1999).

A trigonelina é uma N-metil betaína, importante para o sabor e aroma do café. Ela contribui com o aroma por meio da formação de produtos de degradação durante a torração e, entres esses produtos, estão as piridinas e o N-metilpirrol (Herling et al., 1998).

O café é um dos poucos produtos que, mediante um processo de torração severa, produz uma vitamina importante para o metabolismo humano, a niacina. Durante a torrefação, a trigonelina sofre desmetilação para formar a niacina, em quantidades próximas a 20 mg 100g<sup>-1</sup> de café torrado (Trugo, 1984a).

Entretanto, a maior importância do café como alimento nutracêutico é atribuída à presença dos compostos fenólicos por sua reconhecida característica antioxidante *in vitro*, sendo os mais conhecidos e importantes os ácidos clorogênicos (ACG), os quais se apresentam em maior quantidade no café (Monteiro & Trugo, 2005).

Durante as últimas décadas, estudos *in vitro* e *in vivo* levaram os pesquisadores a atribuir diferentes funções farmacológicas aos ACG, tais como a ligação a centros opióides do cérebro (Boublik et al., 1983; Wynne et al., 1987); atividade inibitória sobre as integrases que participam na replicação do vírus

HIV (King et al., 1999; Zhu et al., 1999); indução da diminuição dos níveis sanguíneos de glicose, por meio da inibição da enzima glicose-6-fosfatase (Arion et al., 1998; Johnston et al., 2003); efeito indutor na replicação e na mobilidade de macrófagos de camundongos, o que caracteriza um aumento da imunidade e característica antimutagênica (Stich et al., 1982; Wood et al., 1982); mal de Parkinson (Ascherio et al., 2001; Pagani-Hill, 2001; Ross, 2000). Segundo Ascherio et al. (2003), o consumo moderado de cafeína tem efeito protetor para mulheres que já passaram pela menopausa, apresentando ação inversa entre mulheres que tomavam estrogênios e seis ou mais xícaras de café ao dia.

Estudos realizados nos Estados Unidos durante um período de 12 a 18 anos constataram que, entre os homens que tomavam mais de seis xícaras de café por dia, o risco de diabetes do tipo 2 era 50% menor, e entre as mulheres, 30% (Salazar-Martinez, 2004). Estudo semelhante foi realizado na Finlândia, envolvendo mais de 14.000 pessoas. Os resultados mostraram que um consumo de seis a sete xícaras de café ao dia reduziam o risco do aparecimento da diabetes em 79% das mulheres e 55% dos homens (Tuomilehto et al., 2004).

Apesar de vários estudos mostrarem a importância do café para a saúde humana, o mecanismo ou processo pelo qual o café exerce seu efeito ainda não está totalmente elucidado ([www.positivelycoffee.org](http://www.positivelycoffee.org), 2006). O café é um alimento complexo, e sua composição pode ser afetada por muitos fatores entre eles a torrefação, o *blend* e o preparo da bebida. Segundo Monteiro & Trugo (2005), a divulgação de teores de compostos bioativos no rótulo do café torna-se altamente recomendável, pois permitiria que os consumidores avaliassem melhor o produto para decidirem sua escolha. Segundo os mesmos autores, cafés comerciais que apresentam forte coloração escura indicam alto grau de torração e, conseqüentemente, menores teores de trigonelina e ácidos clorogênicos por serem mais susceptíveis ao aquecimento.

### 3.1 Produtos derivados do café

O desenvolvimento de novos produtos nas economias de mercados dinâmicos é fator essencial para a sobrevivência das empresas e maior sustentabilidade da cadeia produtiva. Isso é essencialmente verdadeiro para as empresas de alimentos, que, com frequência, necessitam lançar novos produtos para se manterem à frente da concorrência, cada vez mais acirrada (Wille et al., 2004).

O seguimento de cafés especiais, por exemplo, representa atualmente cerca de 12% do mercado internacional da bebida (Souza & Saes, 2006). Segundo Illy (2002), são consumidas mais de 400 bilhões de xícaras de café por ano, o que torna esta bebida uma das mais populares do planeta. Atualmente, o café vem sendo utilizado na produção de uma ampla quantidade de produtos alimentícios como chás, bolos, pudins, expresso, café instantâneo, café solúvel, *cappuccino*, *frappuccino*, balas, etc. Segundo Saes & Jayo (1998), o óleo extraído do café cru atualmente é utilizado na indústria de cosméticos.

O centro de nutrição da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) tem catalogadas mais de 300 receitas feitas à base de café, tais como *drinks* com ou sem álcool, doces, sorvetes, biscoitos, sobremesas e até pratos salgados (Ormond et al., 1999). Periodicamente, com o objetivo de difundir e aumentar a utilização do café são promovidos cursos de preparação de café e coquetelaria para *barman* e pessoas que trabalham em cafeterias.

O café especial vem ampliando sua comercialização através das cafeterias e dos cafés-expresso. O primeiro passo para difundir novas formas de se consumir o café visou conquistar o público jovem, oferecendo a opção de tomar café gelado. Entretanto, esta opção não obteve o sucesso desejado.

As butiques de cafés, inspiradas nas cafeterias européias e norte-americanas, servem cafés aromatizados com sabor de pêssegos, menta, canela, chocolates, baunilhas com nozes, amêndoas, creme irlandês e avelãs. Outros

produtos à base de café têm sido lançados no mercado. Entre eles, segundo Ormond et al. (1999), destacam-se:

- **O *Drip coffee***: um kit completo e descartável, composto de copo, coador, café torrado e moído em sachê, açúcar e colher, bastando acrescentar água fervendo;
- **O Café-creme**: foi desenvolvido para pessoas que passam várias horas sem comer e necessitam de complemento alimentar entre as refeições. Na elaboração deste produto utiliza-se a proteína em substituição ao leite, o cacau no lugar do chocolate e o café descafeinado, que já estão preparados nas duas versões, *diet* e tradicional;
- **O Café em sachê**: foi elaborado especialmente para máquinas de café-expresso, os sachês contêm a medida exata para uma ou duas xícaras de café, eliminando, assim, o desperdício de pó e possibilitando fazer cafés padronizados, o que dificilmente se conseguiria com a operação manual;
- **O Café com leite pronto**: foi lançado pela Parmalat e é vendido em embalagens *tetrapack*. A empresa “Café Três Corações” prepara o lançamento da versão *diet*;
- **As Balas de café**: foram lançadas na Swit Brazil 97, feira internacional de balas realizadas em São Paulo. A linha é basicamente destinada ao público jovem, sendo vendidas em caixinhas tipo *drops*, com recheios líquidos e sabor de frutas;
- **Os Cosméticos**: a utilização de produtos à base de óleo de café pela indústria de cosméticos começa a ser implementada. A idéia é usar o princípio ativo inédito na indústria de cosméticos mundial sob o *slogan* “café faz bem à sua pele”. As pesquisas confirmam que o óleo extraído do café cru é um produto nobre, rico em nutrientes, com altíssimos teores de agentes hidratantes, amaciantes e emolientes e apresenta

propriedades superiores às encontradas nos produtos tradicionalmente utilizados pela cosmetologia. Segundo o mesmo autor, já se encontra pronta para comercialização uma linha completa de mais de 40 produtos de beleza, que apresentam diversas funções terapêuticas, como tratamento do corpo e da face, gorduras localizadas, estrias e celulite, além de serem utilizados para maquiagem ou como desodorante ou colônias.

#### **4. ARROZ (*Oryza sativa*, L)**

##### **4.1 Composição química e valor nutritivo do arroz**

O arroz é um alimento amiláceo que fornece calorias no curto espaço de tempo após sua ingestão. De acordo com Ascheri et al. (2002), a composição nutricional do arroz polido em 100 gramas de amostra é 11,1% de umidade; 7,5% de proteínas; 0,3% de lipídeos; 2,1% de fibras; 78,9% de carboidratos; 2,1% de cinzas e 349 Kcal. Apesar de apresentar valor protéico baixo, o arroz possui uma proteína considerada de boa qualidade, a glutelina (Araújo et al., 2003). A Tabela 5 apresenta a diferença entre os principais componentes químicos presentes em 100 gramas de arroz integral e polido.

Segundo Juliano & Hicks (1996), entre todos os cereais utilizados como alimento o arroz é o que apresenta a maior digestibilidade, o maior valor biológico e o mais elevado quociente de eficiência protéica, apesar de apresentar deficiência do aminoácido lisina. Se compararmos a qualidade da proteína do trigo com a do arroz, dois dos cereais de maior consumo no mundo, verifica-se que a proteína do arroz é superior à do trigo, pois contém pequenas quantidades de aminoácidos essenciais, como a treonina, metionina e, especialmente, a lisina. Entretanto, o arroz é deficiente nos aminoácidos lisina e treonina quando comparado com uma proteína de referência, ou em relação à quantidade diária exigida pelo organismo humano.

**TABELA 5.** Composição química média do arroz integral e polido em (100g).

<b>Componentes</b>	<b>Integral</b>	<b>Polido</b>
Umidade (%)	12,0	12,0
Proteína (%)	7,5	6,7
Lipídios (%)	1,9	0,4
Carboidratos (g/100g)	77,4	80,4
Fibra (g/100g)	0,9	0,3
Cinza (%)	1,2	0,5
Cálcio (mg/100g)	32,0	24,0
Fósforo (mg/100g)	221,0	94,0
Potássio (mg/100g)	214,0	92,0
Tiamina (mg/100g)	0,34	0,07
Riboflavina (mg/100g)	0,05	0,03
Niacina (mg/100g)	4,7	1,6

**Fonte:** Castro et al. (1999).

Na Tabela 6 estão apresentados os teores de aminoácidos essenciais presentes no arroz polido e suas respectivas frações protéicas isoladas e quantificadas em g/16,8gN.

**TABELA 6.** Teores de aminoácidos essenciais do arroz polido e de suas frações protéicas isoladas e quantificadas (g/16,8gN).

<b>Aminoácidos</b> ( g/16,8g N )	<b>Arroz</b> <b>polido</b>	<b>Frações protéicas</b>			
		<b>Albumina</b>	<b>Globulina</b>	<b>Prolamina</b>	<b>Glutelina</b>
Isoleucina	4,13	4,05	3,03	4,58	5,27
Leucina	8,24	7,89	6,56	11,30	8,19
Lisina	3,80	4,92	2,56	0,51	3,47
Metionina	3,37	2,54	2,27	0,50	2,61
Met. + Cist.	4,97	5,40	2,27	0,80	4,09
Fenilalanina	6,02	2,97	3,32	6,26	5,42
Treonina	4,34	4,65	4,55	2,86	3,92
Triptofano	1,21	1,88	1,34	0,94	1,16
Valina	7,21	8,72	6,18	6,97	7,31

**Fonte:** Sgarbieri (1996).

No grão de arroz também estão presentes minerais e vitaminas considerados de extrema importância para o organismo humano. Segundo Sgarbieri (1996), entre as vitaminas presentes no arroz destacam-se as do complexo B, como tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, ácido fólico e biotina. Do ponto de vista nutritivo, os grãos de arroz integrais não polidos apresentam maiores concentrações de vitaminas e minerais.

A Tabela 7 especifica e quantifica os minerais e vitaminas que estão presentes no grão de arroz branco e polido, segundo Juliano (1994).

**TABELA 7.** Composição dos principais minerais e vitaminas presentes no arroz branco polido expresso em (g/100g).

<b>Minerais</b>	<b>mg/100g</b>	<b>Vitaminas</b>	<b>mg/100g</b>
Cálcio	24	Vitamina A	0,0
Fósforo	94	Vitamina C	0,0
Ferro	0,8	Tiamina	0,07
Zinco	1,3	Riboflavina	0,03
Magnésio	28	Niacina	1,6
Potássio	92	-	-

**Fonte:** Juliano (1994).

A farinha de arroz instantânea obtida pelo processo de extrusão termoplástica apresenta os seguintes teores de minerais em g/100g de amostra: alumínio, 1,25g; cobre, 0,09g; zinco, 1,39g; fósforo, 33,52g; cálcio, 6,51g; sódio, 10,88g; magnésio, 53,92g; manganês, 0,99g; ferro, 4,81 e potássio, 99,62g (Ascheri et al., 2002).

## 4.2 Utilização do arroz na obtenção de novos produtos

Apesar do baixo custo, a farinha de arroz é produzida em baixa escala por não apresentar aplicação competitiva em relação ao trigo Deobald (1972). Porém, o arroz apresenta características especiais que devem ser melhor aproveitadas. Por exemplo, não é um alimento alergênico; existem variedades com ampla faixa de teor de amilose, o que permite a seleção de acordo com a finalidade; não é tóxico para portadores de doença celíaca (podendo ser utilizado como substituto do trigo na elaboração de produtos sem glúten); o pequeno tamanho dos grânulos de amido apresenta textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando (Polanco et al., 1995); contém baixos níveis de sódio e alta proporção de amidos facilmente digeríveis (Torres et al., 1999).

Atualmente, vários alimentos à base de arroz têm sido elaborados. Chavan & Kadam (1993) confirmaram a utilidade da farinha de arroz, com bons resultados, na suplementação da farinha de trigo, na proporção de 1:1, com finalidade de melhorar a qualidade protéica de alimentos derivados da panificação.

Gantwerker & Leong (1984) formularam um mingau desidratado e instantâneo para bebês, usando uma mistura gelatinizada de farinha de arroz e água. Rani & Bhattacharya (1985) confeccionaram pastas de arroz cozidas com 10 a 12% de concentração. Segura et al. (1988) formularam um alimento infantil desidratado à base de arroz, soja e frutas e observaram que as formulações contendo 10, 15 e 20% de soja não apresentaram diferenças na avaliação sensorial.

Guerra et al. (1981) elaboraram uma bebida à base de arroz, leite desnatado e diferentes tipos de farinha de soja extrusadas e verificaram que a aceitabilidade pelas crianças que participaram do estudo na idade escolar foi superior a 95%.

Dourado et al. (1998) produziram extrusados a partir de dois diferentes cultivares de arroz com o objetivo de verificar possíveis modificações quanto à preferência pelo consumidor e sua caracterização sensorial. Os resultados apontaram pequenas variações entre as duas cultivares testadas. Os parâmetros que influenciaram essas diferenças e afetaram na análise sensorial foram sabor e aroma.

Mingaus desidratados, formulados a partir de diferentes concentrações de soja misturada à farinha de arroz, com 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de soja, respectivamente, foram formulados por Maia (1999). Na análise sensorial os mingaus com 40% e 50% de soja, aromatizados com baunilha, foram os mais preferidos, enquanto entre os aromatizados com côco, apenas o que continha 40% de soja foi o mais apreciado pelos provadores.

Maia et al. (1999) formularam mingaus obtidos de farinha de arroz e soja extrusada prontas para o consumo em três diferentes concentrações, 80:20, 70:30 e 60:40, respectivamente, utilizando aromatizante. Segundo os autores, o uso de aromatizante interferiu na avaliação sensorial de forma negativa.

Farinha de arroz e isolado protéico de soja foram utilizados por Mendonça (2000) para produção de *pellets* através do processo de extrusão termoplástica. Após a fritura, os *pellets* apresentaram níveis aceitáveis de expansão e atributos sensoriais.

Bebidas lácteas foram formuladas à base de farinha mista extrusada de arroz e quinoa nas proporções de 20:80 e 40:60 de quinoa e arroz, respectivamente. Segundo Silva (2002), os testes de preferência e aceitabilidade indicaram uma boa aceitação pelos provadores.

Macarrão pré-cozido à base de farinha mista extrusada de quinoa e arroz com 40:60 e 60:40 de quinoa e arroz, respectivamente, foi elaborado por Borges (2002). Nos testes de preferência e aceitação, observou-se não haver diferença significativa entre os dois tratamentos.

Nabeshima & El-Dash (2004) afirmaram que a modificação química da farinha de arroz pode ampliar ainda mais as possibilidades no aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz na indústria de alimentos.

## **5 EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA**

### **5.1 Definição**

A extrusão é definida como um processo termoplástico onde o atrito e trabalho mecânico são combinados ao calor, promovendo a gelatinização do amido e desnaturação de proteínas, alterando texturas e possibilitando a moldagem do material extrusado em formas diversas (Ing-Jeng et al., 1997; Steel, 1994).

A extrusão é um processo contínuo e de um único estágio, que envolve altas temperaturas e pressões e com isso modifica as características físicas, químicas e nutricionais dos alimentos (Camire et al., 1990; Yaylayan et al., 1992). É considerado também um processo de alta temperatura e curto tempo (high temperature – short time – HTST), com período de residência no extrusor de 1 a 2 minutos em média, minimizando a degradação de nutrientes, melhorando a digestibilidade das proteínas e eliminando fatores antinutricionais e enzimas (Ainsworth et al., 1999; Alonso et al., 2001).

### **5.2 O extrusor**

O extrusor é um equipamento constituído basicamente pelo alimentador, parafuso ou rosca, cilindro encamisado, matriz e mecanismo de corte (Gutkoski, 2000). Pode apresentar um parafuso (extrusor mono rosca) ou dois parafusos paralelos (extrusor dupla rosca). O extrusor mono rosca é simples e tem o preço mais acessível, entretanto sua ação é limitada ao processamento de matérias-primas com umidade variando de 10% a 30% e baixo teor de lipídeos. Os

extrusores de dupla rosca são mais versáteis, pois processam alimentos com umidade variando entre 10% e 95%, e que apresentam altos teores de lipídeos.

O alimentador é um recipiente apropriado para receber a matéria-prima a ser extusada, consta de um parafuso transportador ou uma calha vibratória, localizados vertical ou horizontalmente. Sua função é manter constante e ininterrupta o fornecimento da matéria-prima que é essencial para o bom funcionamento do extrusor, bem como para a homogeneidade e a qualidade do produto.

A parte considerada mais importante do extrusor, o parafuso ou rosca, ajuda a regular o grau de cozimento, a gelatinização do amido e a qualidade final do alimento. Sua função é misturar continuamente a matéria-prima e conduzi-la pelo cilindro, gerando fricção mecânica e calor, que ajudam a fundir o produto. A parte interna do cilindro é normalmente ranhurada em extrusores de cozimento para evitar o deslizamento da massa, aumentando, assim, a taxa de cisalhamento.

O cilindro encamisado envolve o parafuso e está dividido em seções para permitir a circulação de vapor, óleo, água ou ar, fatores que contribuem para o ajuste perfeito da temperatura entre as várias zonas do extrusor (Gutkoski, 2000).

Além de moldar o produto, a matriz apresenta configurações geométricas desejadas, funciona como um restritor de refluxo, mantendo a pressão na zona de cocção. Na parte final do extrusor está acoplado o mecanismo de corte, constituído por lâminas horizontais ou verticais que, de acordo com a velocidade de giro, determinam o comprimento do produto. O mecanismo deve promover corte do produto com comprimento uniforme e com superfícies perfeitas. As Figuras 1 e 2 mostram o detalhamento das principais partes de uma máquina extrusora mono rosca e os respectivos tipos de parafusos, utilizado durante o processo de extrusão (<http://www.setor1.com.br>, 2006).

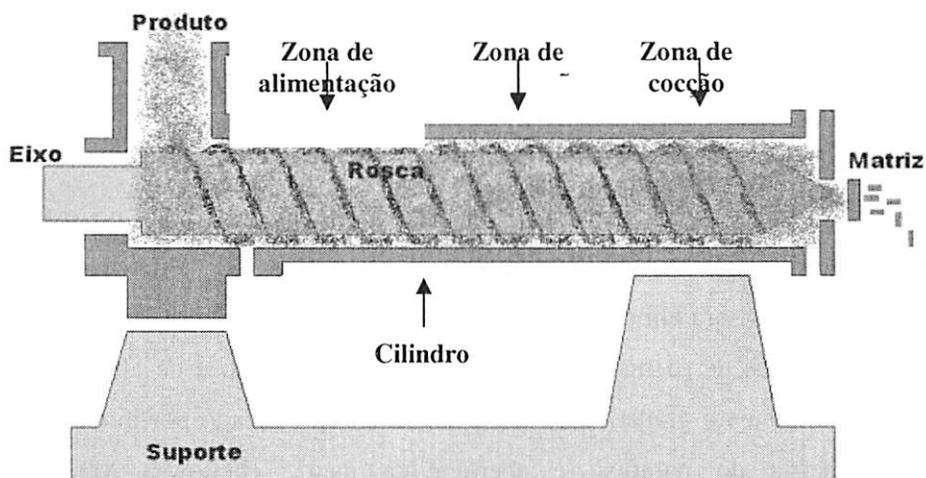


FIGURA 1. Principais partes de uma extrusora mono rosca.

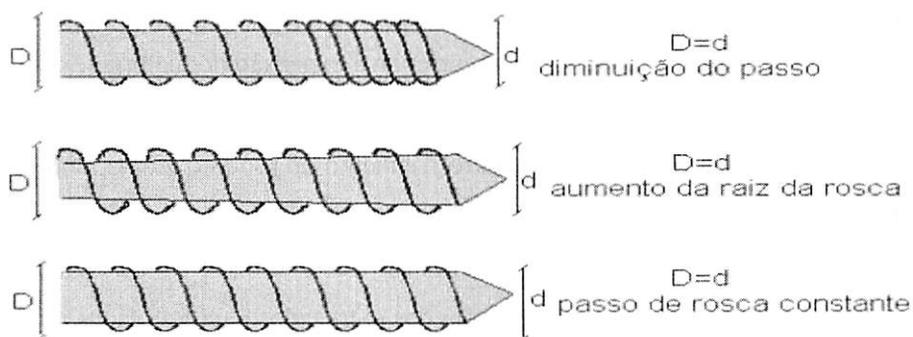


FIGURA 2. Geometria dos diferentes tipos de parafuso de extrusão.

### 5.3 Descrição do processo de extrusão termoplástica

A extrusão termoplástica compreende três etapas principais: a pré-extrusão, a extrusão propriamente dita e a pós-extrusão (EL-Dash, 1982). Na

pré-extrusão realiza-se o preparo dos ingredientes, os quais são misturados nas proporções estabelecidas. Após a mistura da matéria-prima realiza-se o condicionamento da amostra, aumentando ou diminuindo o teor de umidade conforme a necessidade.

No processo de extrusão, a matéria-prima é introduzida no extrusor através do alimentador, sendo conduzida pelos parafusos do alimentador e do cilindro da extrusora em direção à matriz. À medida que o produto atravessa as diferentes zonas de extrusão (de alimentação, de transição e de alta pressão), ocorre um aumento gradativo do atrito mecânico, provocado por modificações da geometria do parafuso e abertura da matriz (Fellows, 2002). Em consequência do processo aumentam também a pressão e a temperatura, ocorrendo o cozimento do alimento. A ebulição ou vaporização da umidade não ocorre dentro do cilindro extrusor, mesmo a altas temperaturas, pois a pressão é bastante alta, entre 40 a 60 atmosferas, sendo liberada somente após o produto passar através da matriz. A rápida liberação da pressão causa a evaporação instantânea da água superaquecida, ocorrendo a expansão do material extrusado.

Segundo Moura (2000), a rápida perda de umidade após a saída do material através da matriz resulta no resfriamento do produto a uma temperatura próxima de 80°C em questão de segundos, ocorrendo simultaneamente a sua solidificação.

Após extrusão inclui a secagem dos extrusados para umidades inferiores a 10%, o resfriamento e a aplicação de sabores e temperos, se necessário.

Geralmente adicionam-se aditivos sintéticos aos ingredientes da mistura para implementar a cor ou o sabor. Produtos que propiciam cor aos alimentos extrusados são adicionados à mistura sob a forma de pós solúveis em água ou óleos emulsificantes. A adição de saborizantes é realizada antes da extrusão a frio; entretanto, não se obtém o sucesso desejado durante o processo de extrusão-cozimento, pois os aditivos são volatilizados quando o alimento passa pela

matriz. Os agentes de sabor são mais eficazes quando são aplicados à superfície do produto extrusado sob a forma de emulsificantes por *spray* (Fellows, 2002).

De acordo com Yacu (1990), as variáveis do processo de extrusão que controlam diretamente os atributos de qualidade são designadas como variáveis independentes. Estas incluem a composição dos ingredientes alimentares, sua umidade, o tamanho das partículas, a velocidade de alimentação do parafuso, a configuração do parafuso e da matriz, a temperatura, a pressão e o tempo de residência do alimento no cilindro extrusor.

As variáveis dependentes ou respostas mudam como consequência das variáveis independentes e servem para avaliar as propriedades físicas, químicas e funcionais dos extrusados. Entre elas pode-se citar a densidade, o volume específico, a umidade, a expansão, os atributos sensoriais como aparência, sabor, crôcancia e textura, o grau de cozimento, avaliado através da susceptibilidade enzimática, a viscosidade, os índices de absorção e de solubilidade em água, a difração de raio-X e a calorimetria (Yacu, 1990).

#### **5.4 Vantagens e aplicação da extrusão**

O processo de extrusão termoplástica, em relação a outros métodos de cozimento tradicionais, apresenta uma série de vantagens, entre elas a versatilidade, o formato dos alimentos, a grande capacidade de produção e a maior estabilidade dos alimentos armazenados a temperatura ambiente (Extrusados, 2006).

A extrusão é um processo contínuo, no qual a matéria-prima é forçada através de um sistema de compressão, em condições de mistura e aquecimento, pressão e fricção que levam à gelatinização do amido, à desnaturação de proteínas e à ruptura de ligações de hidrogênios (Thakur & Saxena, 2000). Também ocorrem, durante o processo de extrusão, as inativações enzimáticas, a destruição de substâncias tóxicas, tais como os inibidores das proteases, e a

diminuição da contagem microbiológica para formar um produto de características físicas e geométricas predeterminadas (Sebio, 1996). Para Fellows (2002), o processo promove a hidratação de amidos e proteínas, homogeneização, cisalhamento, liquidação de gorduras, plastificação e expansão da estrutura alimentar.

Os extrusores de cozimento são amplamente utilizados hoje na produção de uma grande variedade de alimentos pré-cozidos destinados à alimentação humana. Segundo Gutkoski (2000), dentre as aplicações do processo de extrusão em alimentos pode-se citar a produção de farinhas pré-gelatinizadas de cereais, como milho, arroz, trigo, mandioca, batata e outros; produção de snacks, cereais pré-cozidos para café da manhã e lanches; produtos texturizados, como a produção de proteínas vegetais, análogos de carne, ingredientes para sopas e outros usos; a produção de alimentos instantâneos, como pós para pudins, polentas, curais e similares; e o processamento de proteínas de oleaginosas e de leguminosas, a fim de eliminar inibidores de crescimento e fatores antipalatáveis, além de bebidas e alimentos ricos em fibras, entre outros.

A extrusão termoplástica é considerada um processo mecânico de alta temperatura e curto período de residência da matéria-prima dentro do extrusor, geralmente de 1 a 2 minutos (Alonso et al., 2001). Por isso, a brevidade do tratamento diminui as perdas de nutrientes e o cozimento melhora a digestibilidade do produto devido à desnaturação das proteínas e gelificação do amido.

A influência do processo de extrusão sobre as propriedades físico-químicas do alimento está apresentada na Tabela 8.

**TABELA 8.** Influência do processo de extrusão-cocção sobre a composição química e a qualidade nutricional do alimento.

<b>Composição química</b>	<b>Efeito positivo</b>	<b>Efeito negativo</b>
Proteínas	Aumento da digestibilidade e desnaturação.	Destruição de aminoácidos. Reações de Maillard. Ligações cruzadas. Formação de lisoalanina.
Lipídios	Aumento da digestibilidade. Formação de complexo lipídeo-amido.	Aumento da rancidez. Destruição de ácidos graxos poliinsaturados.
Carboidratos	Modificação do amido. Aumento da digestibilidade. Desenvolvimento de sabor.	Reação de Maillard. Hidrólise.
Fibras	Aumento da digestibilidade. Decréscimo de volume. Destruição de fitatos.	Decréscimo de volume.
Vitaminas	-	Destruição.
Minerais	Maior disponibilidade	-
Microrganismos	Destruição.	-
Enzimas	Inativação: de lipase, peroxidase, lipoxigenase, mirosinase e uréase.	Inativação de amilase, fitase.
Fatores antinutricionais	Inativação: tripsina e lectina.	-
Componentes tóxicos	Inativação: glucosinolato, gossipol, glicocalcóides e aflatoxinas.	-
Sabor	Redução de componentes indesejáveis ao sabor.	Perdas de componentes desejáveis ao sabor.

**Fonte:** Killeit (1994).

## **6 PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS DE PRODUTOS EXTRUSADOS**

### **6.1 Índice de expansão (IE)**

O índice de expansão do amido extrusado é de grande importância na avaliação da qualidade do produto, bem como no monitoramento do processo de extrusão. A expansão radial é provavelmente o teste de caracterização física mais importante dos produtos extrusados e pode ser definida apenas como a razão entre a expansão radial final após a saída e resfriamento do material extrusado e o diâmetro da matriz.

Quando o material extrusado passa pela matriz do extrusor e atinge a temperatura ambiente, repentinamente há uma queda drástica na pressão, causando a evaporação da umidade interna do material fundido, resultando na formação de bolhas de ar no produto extrusado, o que permite a expansão e solidificação (Bouzaza et al., 1996).

Segundo Launay & Kone (1999), através deste índice pode-se prever qual a severidade do tratamento aplicado no processo de extrusão e se a matéria-prima extrusada possui composição ou características apropriada para a elaboração do produto desejado.

A expansão do extrusado ocorre tanto no sentido longitudinal quanto radial e está intrinsecamente relacionada com o teor de umidade e a temperatura de extrusão (Miller, 1985). Valores altos de expansão indicam que o material extrusado, em relação ao orifício da matriz utilizada, foi maior, e isso é consequência das variáveis do processo e do tipo de matéria-prima utilizada na extrusão.

O grau de expansão pode ser afetado pela proporção amilose: amilopectina presente no amido. Chinnaswamy (1993) observou que a máxima expansão de produtos extrusados foi obtida quando o nível de amilose foi igual a 50%. O autor chegou a esta conclusão quando comparou amostras de amido

com variável teor de amilose e amilopectina na expansão de arroz extrusado, observando que altos teores de amilopectina contribuíram na expansão, enquanto a amilose apresentou efeito oposto.

O grau de conversão do amido também está relacionado com a expansão de alimentos extrusados. Estudando as propriedades de textura de produtos extrusados cozidos com grits de milho com 30% e 1% de amilose, respectivamente, Bhattacharya & Hanna (1987) observaram que os alimentos foram afetados significativamente pelo grau de cozimento.

Outros fatores, como o tamanho das partículas da matéria-prima, o teor dos componentes químicos presentes no alimento, principalmente lipídeos, proteínas, sacarose, fibra e cinza, podem afetar a expansão de produtos extrusados, bem como fatores físicos e mecânicos (força de cisalhamento, velocidade de alimentação, tempo de residência do material dentro do cilindro extrusor, força de compressão, temperatura de extrusão, tamanho da matriz, etc.) (Chinnaswamy & Hanna, 1988).

## **6.2. Índice de Absorção de água (IAA) e solubilidade em água (ISA)**

O amido puro tem coloração branca, é insípido e, se adicionado à água fria e mantido sob agitação, forma uma suspensão de aspecto leitoso, separando-se após o repouso. Muito embora tenha sido verificado que pequena fração torna-se solúvel quando agitado em água, o amido é tido como praticamente insolúvel (Cereda et al., 2003). Entretanto, os grânulos gelatinizados absorvem mais água que os grânulos de amido no estado natural. As proteínas, devido a mudanças conformacionais em suas estruturas, como a alteração do balanço hidrofílico – hidrofóbico, dentre outros fatores provocados pela extrusão, podem contribuir para o aumento ou diminuição do IAA (Cardoso, 1993).

Segundo Gómez & Aguilera (1983), o índice de absorção de água é dependente da disponibilidade de grupos hidrofílicos e da capacidade de

formação de gel das macromoléculas. Após atingir um máximo com relação ao grau de amido danificado, o IAA diminui com o início da dextrinização (Ascheri, 1997).

A solubilidade do amido em água está relacionada com a expansão e segue as mesmas variações com as condições de extrusão. A característica de “grudento” de alguns produtos extrusados de amido está relacionada com sua alta solubilidade.

O Índice de Solubilidade em Água (ISA) depende da quantidade de moléculas solúveis e está relacionado com a degradação dos constituintes da matéria-prima. De acordo com Whalen et al. (1997), o grau de gelatinização e/ou dextrinização do amido também influencia o grau de solubilidade. Em produtos extrusados, esse efeito leva a um aumento da solubilidade pela liberação de amilose e amilopectina dos grânulos, que são danificados no processo. A extrusão também pode levar à formação de componentes de baixo peso molecular em condições drásticas de processamento, influenciando, assim, no valor de ISA (Gutkoski, 1997).

O ISA aumenta com a severidade do tratamento térmico. Vários trabalhos usando grits de milho, amido de milho e amido de trigo mostraram que o ISA aumentou com o decréscimo do conteúdo de umidade (Ascheri, 1997). A variação dos parâmetros independentes, como umidade entre 0 e 25% e parafuso de alto poder de cisalhamento, 46,4 a 23,8%, diminuíram o ISA de farinha do trigo quando comparados com parafuso de baixo poder de cisalhamento, variando de 38,9 a 24,6%.

A temperatura de extrusão também pode influenciar o ISA; vários produtos com grits de milho e sorgo, arroz, farinha de trigo, centeio, cevada, aveia e semolina de trigo atingiram valores máximos de ISA a temperaturas variando entre 180 a 200°C. À medida que a temperatura se elevou, observou-se uma queda no ISA devido à maior degradação do amido. Segundo Ascheri

(1997), tanto os valores de IAA como de ISA podem ser interpretados com base nas interações amido-água, as quais são influenciadas pela estrutura da fase sólida do amido processado.

Baixos valores de IAA refletem o restrito acesso da água aos amidos extrusados, atribuído a uma estrutura compacta. Entretanto, a solubilidade pode estar relacionada ao menor peso molecular dos componentes do amido, que são separados facilmente uns dos outros devido à mais limitada interação entre eles.

A técnica de análise de IAA e ISA é realizada segundo Anderson et al. (1969). Basicamente, o IAA indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amidos em uma determinada quantidade de amostra submetida ou não ao tratamento térmico. O ISA expressa a porcentagem da matéria seca recuperada após evaporação do sobrenadante e da determinação do índice de absorção de água. O ISA também indica a severidade do tratamento térmico e a conseqüente despolimerização da estrutura amilácea.

Estudando o índice de absorção, solubilidade e viscosidade de pasta de mingaus desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções (100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40 e 50:50), Maia et al. (1999) concluíram que o aumento das proporções de soja (0% a 50%) nos mingaus desidratados de arroz resultou no aumento de temperatura de viscosidade de pasta e do índice de solubilidade em água. Porém, a viscosidade máxima e mínima à temperatura constante, bem como a viscosidade final durante o resfriamento e a absorção de água, diminuíram com o aumento das proporções de soja 0 a 50%.

De acordo com Noguchi et al. (1981), produtos extrusados com farinha de arroz fortificada com isolado protéico de soja apresentaram uma ligeira diminuição na capacidade de absorção de água quando comparados com produtos extrusados elaborados apenas com farinha de arroz pura.

Portanto, os valores de IAA e ISA são importantes parâmetros utilizados para estimar a adequabilidade do uso de produtos amiláceos

extrusados em suspensões ou soluções. Sua utilização em sistemas com quantidade limitada de água são baseadas nestas duas propriedades funcionais e envolvem freqüentemente a capacidade de ligações a pontes de hidrogênio.

### **6.3 Viscosidade de Pasta (VP)**

Uma suspensão de amido pode ser aquecida até certo limite sem que haja transformações profundas, a não ser um ligeiro intumescimento dos grânulos. O amido de arroz, por exemplo, absorve as seguintes proporções de água em diferentes temperaturas: 0% a 30°C, 300% a 60°C e 1000% a 70°C (Cereda et al., 2003).

Com o aumento progressivo da temperatura ocorre o rompimento dos grânulos, a suspensão transforma em uma mistura gelatinosa, um tanto opalescente, a qual recebe o nome de goma ou pasta de amido. O amido de cereais caracteriza-se por ser mais consistente, pouco viscoso e de coloração mais opaca do que o amido de raízes e tubérculos; estas características físicas e funcionais determinam que este tipo de amido é mais indicado para aplicação no preparo de pudins e sobremesas prontas (Cereda, et al., 2003). O amido de tubérculos e raízes apresentam géis mais fracos, pouco consistentes mas muito viscosos e translúcidos ou transparentes. Essas características são altamente vantajosas no que diz respeito à sua aplicação na indústria de alimentos.

As características estruturais do amido, tais como teor de amilose, distribuição de comprimento de cadeia ramificada de amilopectinas (Jane et al., 1999), teores de mono-éster fosfato, fosfolipídios, distribuição de tamanho de grânulos, estruturas cristalinas e arquitetura granular, afetam as propriedades funcionais dos produtos amiláceos.

A viscosidade inicial de produtos amiláceos medida a 25°C, também conhecida como viscosidade de pasta a frio, expressa a capacidade do amido em absorver água a temperatura ambiente e formar pasta, gel ou líquido

viscoso, sendo a mesma expressa em unidade centipoise (cP) utilizado-se o aparelho viscoamilográfico.

A viscosidade de pasta a 95°C é um parâmetro que mede a resistência do grânulo de amido ao colapso resultante da ação da temperatura e do atrito mecânico no viscoamilografo (Carvalho et al., (2002). A viscosidade a 50°C é conhecida como viscosidade de resfriamento ou retrogradação, pois é nesse instante que acontece a reorganização da estrutura molecular da amilose, causando o endurecimento do produto extrusado.

Carvalho et al. (2002) analisaram os efeitos das variáveis de extrusão (temperatura, umidade e formulação) nas propriedades físicas de *pellets* de terceira geração resultantes da mistura de farinhas de trigo, arroz e banana. Os autores observaram que a viscosidade inicial a 25°C indicou ser dependente da variável umidade, aumentando consideravelmente com o decréscimo da mesma. Porém, a viscosidade de pasta a 95°C apresentou proporcionalidade para esta variável. Já a viscosidade durante o resfriamento a 50°C foi influenciada pelas três variáveis, com maior influência da umidade variando linearmente.

A uma baixa temperatura e/ou curto tempo de residência da matéria-prima dentro do cilindro extrusor, a gelatinização do amido é incompleta e, conseqüentemente apresenta baixa viscosidade. A viscosidade de pasta da farinha de arroz também pode ser afetada pela intensidade da gelatinização.

De forma geral, as propriedades funcionais dos produtos amiláceos são avaliados pela interação das características do complexo gel:solvente entre a viscosidade, expansão, absorção e solubilidade em água e a susceptibilidade à ação enzimática (Cereda et al., 2003).

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, K. O. **Guide on food products**. Bombay: Spelt. Trade Publications, 1992. v. 2, p. 1-14. (Coffee & coffee products).

AINSWORTH, P.; FULLER, D.; PLUNKETT, A.; IBANOGLU, S. Influence of extrusion variables on the protein in vitro digestibility and protein solubility of extruded soy tarhana. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 5, p. 675-678, May 1999.

ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, Chicago, v. 68, n. 2, p. 159-165, Mar./Apr. 2001.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. 1978. 85 p. Tese (Livre Docência em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMOUD, M. J. In: **Enciclopédia of Human Nutrition**, Caballero, B.; Sadler, M. J.; Starin, J. J. ., (Ed.). London, Englands: Academic Press, 1999. v. 1. p. 206.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN, JR. E. L. Geletinization of corn grits by rool and estrusion cooking. **Cereal Science Today**, St Paul, Minnesota, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.

ARAÚJO, E. S.; SOUZA, S. R.; MANILO, S. F. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 88-281, nov. 2003.

ARION, W. J.; CANFIELD, W. K.; RAMOS, F. C.; SU, M. L.; BURGER, H. J.; HEM-MERLE, H.; SCHUBERT, G.; BELOW, P.; HERLING, A. W. Chlorogenic acid analogue S3438: a potent competitive inhibitor of the hepatic and renal glucose-6-phosphatase systems. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 351, p. 279-285, 1997.

ASCHERI, J. L. R. **Elaboração de snacks, farinha pré-gelatinizada e instantânea de subprodutos de engenhos de arroz por extrusão termoplástica. Relatório de projeto: período 1999/2000.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2000. 19 p.

ASCHERI, J. L. R. **Extrusão termoplástica de amidos e produtos amiláceos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 25 p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, n. 19).

ASCHERI, J. L. R.; SPEHAR, C. R.; NASCIMENTO, N. E. Caracterization comparativa de harinas instantâneas por extrusion de quinoa, maiz y arroz. **Alimentaria**, Madrid, v. 39, n. 331, p. 9-82, 2002.

ASCHERIO, A.; CHEN, H.; SCHWARZSCHILD, M. A.; ZHANG, S. M.; COLDITZ, G. A.; SPEIZER, F. E. Caffeine, postmenopausal estrogen, and risk of Parkinson's disease. **Neurology**, Philadelphia, v. 60, n. 5, p. 790-795, Mar. 2003.

ASCHERIO, A.; ZHANG, S. M.; HERNAN, M. A.; KAWACHI, I.; COLDITZ, G. A.; SPEIZER, F. E.; WILFETT, W. C. Prospective study of caffeine consumption and risk of Parkinson's disease in men and women. **Annals of Neurology**, New York, v. 50, n. 1, p. 56-63, July 2001.

BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A. Kinetics of starch gelatinization during extrusion cooking. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 3, p. 764-766, May/June 1987.

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

BOUBLIK, J. H.; QUINN, M. J.; CLEMENTS, J. A.; HERINGTON, A. C.; WYNNE, K. N.; FUNDER, J. W. Coffee contains potent opiate receptor-Binding activity. **Nature**, London, v. 301, n. 5897, p. 246, 1983.

BOUZAZA, D.; ARHALIASS, A.; BOUVIER, J. M. Die desing and dough expansion in low moisture extrusion-cooking. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 139-152, Aug. 1996.

CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Boca Raton, v. 29, n. 1, p. 35-57, 1990.

CARDOSO, F. N. **Efeito de algumas variáveis no processo de extrusão e nas características funcionais da farinha de feijão comum**. 1993. 128 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. R. A.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3g) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, set./out. 2002.

CARVALHO, V. D. de. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 73 p. (Curso de especialização Pós-graduação Lato Sensu).

CASAL, S. A.; MENDES, E.; BEATRIZ, M.; OLIVEIRA, P. P.; FERREIRA, M. A. Discrimination between *Arábica* e *Robusta* Coffee Species. On the Basis of their Amino Acid Enantiomers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 22, p. 6495-6501, Oct. 2003.

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

CENÁRIO, M. F. C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO 6., 2000, Uberlândia. **Irrigação da cafeicultura no cerrado**. Uberlândia: UFU, 2001. 212 p.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; FRANCO, C. M. L. Usos de amido e seus derivados na produção de salgadinhos extrusados (*snacks*). In: CEREDA, M.; VILPOUX, O. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v. 3, Cap. 6, p. 132-143.

CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. **Critical Review Food Science Nutrition**, Boca Araton, v. 33, n. 3, p. 189-226, 1993.

CHINNASWAMY, R. Basis of cereal starch expansion. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 21, n. 2/3, p. 157-167, 1993.

CHINNASWAMY, R.; HANNA, M. A.; Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of com starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 65, n. 2, p. 43-138, Mar./Apr. 1998.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee**. Essex: Elsevier Science Publishers, 1985. v. 1, 306 p.

CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffee – botany, biochemistry and production of beans and beverage**. Croon Helm, London: Chemical and Physical Aspects of Gren coffee and coffee products, 1985. 461 p.

DEOBALD, H. J. Rice flours. In: HOUSTON, D. F. (Ed.) **Rice: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemistry, 1972. p. 264-269.

DOURADO, M. T.; TREPTOW, R. O.; DOURADO, A. S.; et al., Avaliação de um produto extrusado de arroz, variedades BR/IRGA 409 e BR/IRGA 412. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1998. p. 549-552.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. **Cereals a renewable resource: theory and practice**. St. Paul: AACC, 1982. cap. 10, p. 165-216.

EXTRUSADOS. Disponível em: <<http://www.milly.com.br/extrusados.html>>. Acesso em: 10 maio 2006.

FELLOWS, P. Extrusion. In: FELLOWS, P. **Food processing technology: principles and practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002. cap. 14, p. 294-308.

FISCHER, M.; REIMANN, S.; TROVATO, V.; REDGWELL, R. J. Polysaccharides of green Arabica and Robusta Coffee beans. **Carbohydrate Research**, Oxford, v. 330, n. 1, p. 93-101, Jan. 2001.

GANTWERKER, S.; LEONG, S. Process for preparing an instant baby cereal porridge product. **Food Science and Technology**, Kusunacht-Zurich, p. 1969-1996, 1984. 1CD-ROOM.

- GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 2, p. 378-381, Mar./Apr. 1983.
- GUERRA, M. J.; GONZÁLES, D.; JAFFÉ, W. G.; CALDERON, M. Formulacion de una bebida de alto valor nutritivo a base de arroz. **Archivos Latinoamericano de Nutricion**, Caracas, v. 31, n. 2, p. 337-349, 1981.
- GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- GUTKOSKI, L. C. Extrusão de produtos de aveia. In: GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento**. São Paulo: Varela, 2000. cap. 7, p. 103-169.
- HERLING, A. W.; BURGER, H. J.; SCHWAB, D.; HEMMERLE, H. BELOW, P.; SCHUBERT, G. Pharmacodynamic profile of a novel inhibitor of the hepatic glucose-6-phosphatase system. **America Journal of Physiology**, Bethesda, v. 274, n. 6, p. 1087-1093, June 1998.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Expresso coffee: the chemistry of quality**. San Diego, 1995. 253 p.
- ILLY, E. A saborosa complexidade do café. **Scientific American**, New York, v. 286, n. 6, p. 86-91, June 2002.
- INFORMATIVO – POSITIVELY COFFEE – INVERNO / 2005-2006. Disponível em: <[www.positivelycoffee.org](http://www.positivelycoffee.org)>. Acesso em: 10 set. 2006.
- ING-JENG, J.; CAMIRE, M. E.; BUSHWAY, A A. Properties of an extruded products prepared from potato flakes and chicken thigh meat. **Food Science and Technology International**, New York, v. 3, n. 6, p. 451-458, 1997.
- JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, F.; McPHERSON, A. E.; WONG, K. S. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 76, n. 5, p. 629-637, Sep./Oct. 1999.

- JOHNSTON, K. L.; CLIFFORD, M. N.; MORGAN, L. M. Coffee acutety modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: glycemic effects of chrogenic cid and caffeine. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 78, n. 4, p. 728, 728-733, Oct. 2003.
- JULIANO, B. O. Valor nutritivo del arroz y de las dietas a base de arroz. In: FAO. **El arroz en la nutrición humana**. Rome, 1994. cap. 4. p. 67-92.
- JULIANO, B. O.; HICKS, P. A. Rice functional properties and rice food products. **Food Reviews Internationa**l, New York, v. 12, n. 1, p. 71-103, 1996.
- KILLEIT, U. Vitamin retention in extrusion cooking. **Food Chemistry**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 149-155, 1994.
- KING, P. J.; MA, G. X.; MIAO, W. F. Structure-activity relationships: analogues of the cofe oylquimic and dicaffeoyltartaric acids as potent inhiribitors of human immunodeficiency vírus type 1 integrase and replication. **Journal of Medidinal Chemistry**, Washington, v. 42, n. 3, p. 497-509, Feb. 1999.
- LAUNAY, B.; KONE, T. Twin-screw extrusion-cooking of corn starch: flour properties of starch pastes. In: ZEUTHEN, P.; CHEFTEL, J. C.; ERICKSSON, C.; JUL, M.; LEE, E. Y.; RYU, GI-HYUNG; LIM, SEUNG-TAIK. Effects of processing parameters on physical properties on corn starch extrudates expanded using supercritical CO<sub>2</sub> injection. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 76, n. 1, p. 63-69, Jan./Feb. 1999.
- LIMA, D. R. (Ed.). **Café e saúde: manual de farmacologia clinica, terapeutica e toxicologica**. Rio de Janeiro: Medsi Editora, 2003. 3 v., p. 141-149.
- LIMA, D. R. Isotônicos, água mineral e café mineral. **Jornal da ABIC**, VIII, v. 96, n. 26, 2000.
- MAIA, L. H.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L. C.; FENANDES, M. S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 391-396, set./dez. 1999.
- MENDONÇA, X. M. F. D. **Efeito da adição de isolado protéico de soja nas propriedades físico-químicas de pellets de farinha de arroz**. 2000. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MEUSER, F.; VAN, LENGERICH, B.; KOHLER, F. The influence of extrusion parameters on the functional properties of wheat starch. **Starch**, Deerfield Beach, v. 34, n. 11, p. 336-372, 1982.

MILLER, R. C. Low moisture extrusion: effects of cooking moisture on products characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n. 1, p. 249-253, Jan./Feb. 1985.

MITCHELL, C.; AREAS, J. A. G. Structural changes in biopolymers by extrusion cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 52, p. 2283-297, 1975.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 637-641, jul./ago. 2005.

MOURA, R. A. **Efeito das variáveis de extrusão e da incorporação de glútem, amilose e farinha de milho na qualidade tecnológica da farinha de rosca extrusada em base de trigo**. 2000. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, Campinas.

NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 107-120, jan./jun. 2004.

NEHLIG, A. Does caffeine lead to psychological dependence? **Chemtech**, Washington, v. 29, n. 7, p. 30-35, July 1999.

NIKOLOVA-DAMYANOVA, A. R.; VELIKOVAA & GULAB, N. JHAMB. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crudes coffee beans harvested in Brazil. **Food Research Internacional**, Oxford, v. 31, n. 6/7, p. 479-486, Aug. 1998.

NOGUCHI, A.; KUGIMIYA, W.; HAQUE, Z.; SAIO, K. Physical and chemical characteristics of extruded rice flour and rice flour fortified with soybean protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 1, p. 240-245, Jan./Feb. 1981.

ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L. de; FILHO, P. F. Café: (re)conquista dos mercados. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 44-45, set. 1999.

PAGANINI-HILL A. Risk factors for Parkinson's disease: The leisure world cohort study. **Neuroepidemiology**, Basel, v. 20, n. 2, p. 118-124, May 2001.

POLANCO, I.; MOLINA, M.; PIETRO, G.; CARRACO, S.; LAMA, R. Dieta y enfermedad celíaca. **Alimentaria**, Madrid, v. 33, n. 264, p. 91-93, 1995.

RANI, M. R. S.; BHATTACHARYA, K. R. R. Rheological properties of rice flour slurries and pastes. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 22, n. 5, p. 322-326, 1985.

ROSS, G. W.; ABBOTT, R. D.; PETROVITCH, H.; ROSS, G. W. Association of coffee and caffeine intake with the risk of Parkinson disease. **Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 283, p. 2674-2679, 2000.

SAES, M. S. M.; JAYO, M. Competitividade do sistema Agroindustrial do café. In: FARINA, E. M. M. Q.; ZYLBERSLTAJN, D. **Competitividade no Agribusenem Brasileiro**. São Paulo: USP, 1998. v. 4, p. 3, 9, 136.

SALAZAR-MARTINEZ, E.; WILLET, W. C.; ASCHERIO, A.; LEITZMANN, M.; MANSON, J. E.; STAMPFER, M. J.; HU, F. B. Coffee consumption and risk of type 2 diabetes in men and women. **Annals of Internal Medicine**, Philadelphia, v. 140, n. 1, p. 1-8, Jan. 2004.

SEBIO, L. **Efeito de alguns Parâmetros Operacionais de Extrusão nas Propriedades Físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. 1996. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

SEGGES, J. H. **Focalizando o café e a qualidade**. Seropédica: UFRRJ, 2001. 124 p.

SEGURA, E.; MAHECHA, G.; MORENO, B. E.; RODRÍGUEZ, G. S. Desarrollo de un producto alimenticio a base de arroz, para uso infantil. **Archivos Latinoamericano de Nutricion**, Caracas, v. 38, n. 2, p. 278-287, 1988.

SETOR 1. Disponível em: <<http://www.setor1.com.br>>. Acesso em: 10 maio 2006.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações-modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SILVA, V. L. M. da. **Efeitos das variáveis de extrusão nas características físicas, químicas, sensoriais e nutricionais da farinha instantânea de misturas de farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e farinha de arroz (*Oriza Sativa*, L).** 2002. 175 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica.

SIVETZ, M. **Coffee processing technology.** Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1963. v. 2.

SIVETZ, M.; FOOTE, H. E. **Bebidas: tecnologia. Química y Microbiología.** Zaragoza: Acribia, 1997. p. 198.

SOUZA, M. C. M.; SAES, M. S. M. A. A qualidade no seguimento de cafés especiais. **Informativo Coffee News. O cafezal.** Disponível em: <<http://www.coffeekbreak.com.br>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

STEEL, C. J. **A influencia da extrusão termoplástica em propriedades funcionais e nutricionais de farinhas de feijão e farinhas mistas de feijão e arroz.** 1994. 103 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

STICH, H. F.; ROSIN, M. P.; BRYSON, L. Inhibition of mutagenicity of a model nitrosation reaction by naturally-occurring phenolics, coffee and tea. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 95, n. 2/3, p. 119, 1982.

THAKUR, S.; SAXENA, D. C. Formulation of extruded snack food gum based cerel-pulse blend) optimization of ingredients levels using response surface methodology. *Lebensmittel Wissenschaft+Technologie*, London, v.33, p-354-361, 2000.

TOCI, A. T. **Modificações químicas do café descafeinado na torração.** 2004. 81 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TORRES, R. L.; GONZÁLES, R. J.; SÁNCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; TORRES, M. A. G. Comportamiento de variedades de arroz em la elaboración de pan sin glúten. **Archivos Latinoamericano de Nutricion**, Caracas, v. 9, n. 2, p. 162-165, 1999.

TRUGO, L. C. **HPLC in Coffee Analysis.** 1984. 196 p. Thesis (PhD.) - University of Reading, Reading.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. An investigation of coffee roasting using high performance liquid chromatography. **Food Chemistry**, Oxford, v. 19, n. 1, p. 1-9, 1986.

TUOMILETO J.; HU, G.; BIDEL S.; LINDSTROM, J.; JOUSILAHTI, P. Coffee consumption and risk of type 2 diabetes mellitus among middle-aged Finnish men women. **Journal of the American Medical Association**, Amsterdam, v. 291, n. 10, p. 1213-1219, Mar. 2004.

WHALEN, P. J.; BASON, M. L.; BOOTH, R. I.; WALKER, C. E.; WILLIAMS, P. J. measurement of extrusion effects by viscosity profile using the rapid viscoanalyser, **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 42, n. 6, p. 469-475, Nov./Dec. 1997.

WILLE, G. M. F. C.; WILLE, S. A. C. de; KOEHLER, H. S.; FREITAS, R. J. S. de; HARACEMIV, S. M. C. Práticas de desenvolvimento de novos produtos alimentícios na indústria paranaense. **Revista FAE**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 33-45, jul./dez. 2004.

WOOD, A. W.; HNANG, M. T.; CHANG, R. I.; NEWMARK, H. L.; LEHR, R. E.; YAGI, H.; SAYER, J. M.; JERINA, D. M.; CONNEY, A. H. Inhibition of the mutagenicity of bay-region diol epoxides of polycyclic aromatic hydrocarbons by naturally-occurring plant phenols- exceptional activity of ellagic acid. **Proceedings of the National Academy Science of the United State America**, Washington, v. 79, n. 18, p. 5513-5517, 1982.

WYNNE, K. N.; FAMILARI, M.; BOUBLIK, J. H.; DRUMMER, O. H.; ERA, J. D.; FUNDER, J. W. Isolation of opiate receptor ligands in coffee. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, Victoria, v. 14, n. 10, p. 785-790, 1999.

YACU, W. Process instrumentation and control in food extruders. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 9, p. 919-926, Sept. 1990.

YAYLAYAN, V. A.; FICHTALI, J.; VAN, DE VOORT, F. R. Production of Maillard reaction flavour precursors by extrusion processing. **Food Research Internacional**, Ottawa, v. 25, n. 3, p. 175-180, 1992.

ZANOTTI, P. D.; NETO, E. M. S. **O café no espírito santo, no brasil e no mundo**. Vitória, 2005. 105 p.

ZELAYA, M. P. O papel da adesão e de amidos resistentes em *snacks* e cereais. **Food Indredientes**, São Paulo, v. 11, n. 9, p. 18-19, 2000.

ZHU, K.; CORDEIRO, M. L.; ATIENZA, J.; ROBINSON, W. E. JR. CHOW, S. A. Irreversible inhibitiopn of human immunudificiency vírus types 1 integrase by dicaffloyequimic cids. **Journal of Virology**, Washington, v. 73, n. 4, p. 3309-3316, Apr. 1999.

**CAPITULO II**

**PÓ DE CAFÉ E FARINHA DE ARROZ: PARÂMETROS  
QUALITATIVOS**

## RESUMO

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Pó de café e farinha de arroz: Parâmetros qualitativos**. 2006. 166 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Esse trabalho teve por objetivo caracterizar as matérias-primas pó de café e farinha de arroz adquiridas no comércio de Campo Grande, Rio de Janeiro, para posteriormente submetê-las ao processo de extrusão termoplástica. Após a aquisição das matérias-primas, as mesmas foram imediatamente moídas em peneira de 1 *mesh* para homogeneizar o tamanho das partículas, sendo em seguida acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas sob refrigeração até o início das análises. No Laboratório da Embrapa Agroindústria de Alimentos-RJ foram realizadas as seguintes análises: umidade, lipídeos, proteínas, carboidratos, cinzas, fibras, valor calórico e aminoácidos. As análises de composição química demonstraram que existem diferenças para todos os componentes analisados, principalmente para lipídeos, carboidratos e fibras totais; o alto teor de lipídeos presentes no pó de café contribui para elevação do valor calórico do mesmo; os aminoácidos presentes na farinha de arroz, asparagina, glutamina, tirosina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina e prolina, foram superiores aos encontrados no pó de café; no pó de café, apenas o aminoácido lisina apresentou valor superior ao do arroz; estes resultados mostram a possibilidade de, na farinha extrusada de pó de café/arroz, haver a complementaridade dos seus componentes, fazendo deste produto um alimento de boa qualidade, não somente do ponto de vista do valor protéico, mas também da incorporação de fibras na dieta e óleos essenciais presentes no grão de café.

---

\* Comitê Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); José Luis Ramirez Ascheri (Co-orientador) - EMBRAPA.

## ABSTRACT

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Coffee powder and rice flour: Qualitative parameter.** 2006. 166 p. Thesis (Doctorate in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

This work was designed to characterize the raw materials, coffee powder and rice flour purchased in the commerce of Campo Grande, Rio de Janeiro for, later, submit them to the process of thermoplastic extrusion. After purchasing the raw materials, they were ground directly in 1 mesh sieve to homogenate the sizes of the particles, next, they being packed into plastic bags and stored under refrigeration till the start of the analyses. In the Embrapa Agroindústria de Alimentos-RJ (Embrapa Food Agroindustry –RJ ), the following analyses were performed: moisture, lipids, proteins, carbohydrates, ashes, fibers, caloric value and aminoacids. The analyses of chemical composition showed that there are differences fro all the components analyzed, mainly for lipids, carbohydrates and total fibers; the high content of lipids present in coffee powder contributes towards the rise of the caloric values of it; the aminoacids present in rice flour, asparagines, glutamine, tyrosine, valine, phenylalanine, isoleucine, leucine and proline were superior to the ones found in coffee powder; in coffee powder, only the aminoacid lysine presented value superior to that of rice; these results show the possibility for, in extruded coffee powder/rice flour, existing the complementariness of their components, making this product a high quality food, not only from the viewpoint of the protein value but also from the addition of fiber in the diet and essential oils present in the coffee berry.

---

\* Guidance Committee: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA (Adviser); Jose Luiz Ramirez Ascheri (Co-Adviser) – EMBRAPA.

# 1 INTRODUÇÃO

A elaboração de novos produtos demanda conhecimento sobre o mercado consumidor, composição físico-química da matéria-prima e a influência do tipo de processamento sobre as características do produto final.

A composição físico-química de um alimento corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100g de amostra, fornecendo de forma geral o valor nutritivo aproximado, que é um dado importante para se calcular ou estimar uma dieta alimentar balanceada segundo as necessidades de cada organismo, bem como o método a ser adotado nos procedimentos de colheita, pós-colheita, beneficiamento, processamento e armazenamento do produto, pois é através destas informações que a indústria e a pesquisa conseguem projetar, elaborar e viabilizar o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

É sabido que vários componentes químicos, entre eles os voláteis, presentes no grão de café cru durante a torração, são degradados a componentes de menor peso molecular, que são os principais responsáveis pelas características sensoriais que determinam a qualidade da bebida. No café torrado e moído ocorre a presença de proteínas, carboidratos, lipídeos, cinzas, fibras, minerais e aminoácidos, que se apresentam nas seguintes concentrações médias em g/100g de amostra: umidade, 5,2 a 9,63; proteínas, 13,76 a 17,69; lipídeos, 6,93 a 11,12; carboidratos, 62,67 a 71,96; cinzas, 4,56 a 4,96; e fibra bruta, 14,60 a 21,48 (Lago et al., 2002).

Por outro lado, o arroz é um dos alimentos energéticos de alto consumo popular, que se constitui no principal ingrediente da dieta daqueles que não têm acesso a alimentos considerados como de alto valor nutricional. Segundo

Kaimoto (2000), o arroz está presente no cardápio diário do trabalhador brasileiro em quantidades médias de 350 gramas por refeição.

A literatura cita que a composição nutricional do arroz branco em 100 gramas de amostra é composta de 11,1% de umidade; 7,5% de proteínas; 0,3% de lipídios; 2,1% de fibras; 78,9% de carboidratos; 2,1% de cinzas e 349 Kcal (Ascheri et al., 2002).

Tendo em vista a importância do conhecimento da composição centesimal da matéria-prima no que diz respeito à elaboração de novos produtos, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o café torrado e moído e a farinha de arroz visando sua utilização como ingredientes para obtenção de produtos alimentícios extrusados.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Aquisição e preparo das matérias-primas

Foram utilizados grãos de arroz quebrados (*quirera*) embalados em 10 sacos plásticos comuns de 5,0 Kg, totalizando 50 Kg. O café torrado e moído obtido por torra tradicional segundo especificação do fabricante estava embalado em sacos de 500g, totalizando 6,0 Kg. Ambas as matérias-primas utilizadas nesta pesquisa foram adquiridas no comércio de Campo Grande, Rio de Janeiro, Brasil.

A moagem dos grãos para obtenção da farinha de arroz foi realizada em moinho granulado de facas e martelo, utilizando uma peneira com abertura de 1 milímetro de diâmetro. As embalagens de pó e café foram abertas e o mesmo foi submetido a uma nova moagem na mesma peneira em que foi moído o arroz com o objetivo de homogeneizar o tamanho das partículas. Logo após a moagem a farinha de arroz foi homogeneizada por 5 minutos em misturador de massa tipo Werner-Pfleiderer. Em seguida ambas as matérias-primas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas em freezer (-18°C), até o início do processo de análises físico-químicas e de extrusão. Os procedimentos para o preparo das matérias-primas foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Cereais, Setor de Extrusão Planta IV, na Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro.

### 2.2 Análises físico-químicas

#### 2.2.1. Classificação granulométrica

Para determinar o tamanho das partículas da farinha de arroz crua e do pó de café, foi utilizado um agitador de peneiras modelo RO-TAP.

Para cada determinação da granulometria foram peneirados 100g de cada amostra, durante 10 minutos, num conjunto de sete peneiras arredondadas, com aberturas de malhas de 40; 50; 60; 80; 100; 150 e 200 *mesh* e uma base. Em seguida, os conteúdos retidos em cada peneira foram pesados e expressos em porcentagens de retenção, seguindo o procedimento padrão descrito por Germani et al. (1997).

### **2.2.2. Umidade**

A umidade inicial das matérias-primas foi determinada pela perda de peso em estufa com circulação de ar, regulada a 130°C, por 1 hora, utilizando um forno Moisture Tester – semi-automatic – Brabender (Duisburg, Alemanha), sendo a leitura da umidade final realizada no próprio aparelho, segundo método 44-15A descrito pela American Association of Cereal Chemists – AACC (1995).

### **2.2.3 Lipídeos**

O extrato etéreo foi determinado utilizando-se o extrator Soxhlet, segundo a metodologia da Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000), método 945.38. Por esse método, o teor de lipídeo foi obtido por meio da extração com solvente orgânico, éter de petróleo, seguido da remoção, por evaporação, do solvente.

### **2.2.4 Proteína bruta**

O teor de nitrogênio total da amostra foi determinado pelo procedimento do Kjeldahl tradicional, segundo a metodologia da AACC (1995), método 46-13. Para o cálculo da proteína bruta, multiplicou-se o fator nitrogênio (N) por 6,25 para as farinhas de arroz e para o café torrado e moído.

### **2.2.5 Cinzas**

As cinzas foram determinadas por incineração do material em mufla a 550°C, segundo a metodologia da AOAC (2000), método 923.03, e representam o teor total de substâncias inorgânicas presentes na amostra.

### **2.2.6 Fibras totais**

O teor de fibra bruta foi determinado de acordo com o procedimento descrito pela AOAC (2000), método 978.10.

### **2.2.7 Carboidratos totais**

Os carboidratos totais ou fração nifext (fração livre de nitrogênio), foram determinados pela diferença entre a massa seca total (100%) e a soma das porcentagens determinadas de proteína, extrato etéreo, cinzas e umidade. A fração livre de nitrogênio representa a concentração de carboidratos totais, excluindo-se a fibra alimentar.

### **2.2.8 Valor calórico**

O valor calórico foi calculado usando os fatores de conversão de Atwater de 4kcal/100g para carboidratos e proteínas e 9kcal/100g para lipídeos segundo Anderson et al. (1988).

### **2.2.9 Aminoácidos**

O perfil de aminoácidos foi determinado em aparelho marca DIONEX, modelo DX 300, após hidrólise ácida. Para a hidrólise pesou-se, em triplicata, quantidade de amostra contendo aproximadamente 25mg de proteína, a qual foi processada seguindo as recomendações gerais de Spackman et al. (1958).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

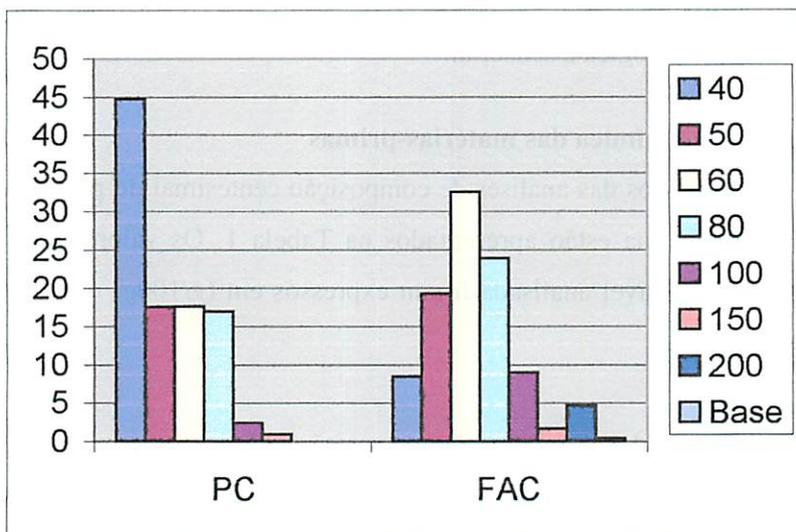
### 3.1 Caracterização físico-química do café torrado e moído e do arroz cru

#### 3.1.1 Granulometria

O tamanho de partículas de um alimento submetido ao processo de extrusão termoplástica pode influenciar significativamente os resultados de cocção durante o processo, bem como a textura do produto final (Ramirez & Vanderley, 1997). Sendo assim, alimentos que apresentam granulometria mais homogênea podem resultar na elaboração de produtos extrusados de melhor qualidade tecnológica e sensorial.

Os resultados quantificados para tamanho de partículas das matérias-primas caracterizadas no presente estudo, PC (pó de café) e FAC (farinha de arroz crua), encontram-se na Figura 1. A granulometria do pó de café apresentou grande percentual de partículas (44,7%) retidos na peneira de 40 *mesh*. Entretanto, 52% de pó de café ficaram retidos nas peneiras de 50, 60 e 80 *mesh*, com 17,5%, 17,6% e 16,9%, respectivamente.

A farinha de arroz crua apresentou 32,5% de partículas retidas na peneira de 60 *mesh*. Porém, 19,3% e 23,9% não passaram pelas peneiras de 50 e 80 *mesh*. Estes resultados mostram que a granulometria de ambas as matérias-primas apresentou certa variação no tamanho de partícula.



**FIGURA 1.** Tamanho de partículas do pó de café (PC) e da farinha de arroz crua (FAC).

Quando uma farinha apresenta grande heterogeneidade no tamanho de partículas, e é submetida ao processo de extrusão, diferentes graus de cozimentos podem acontecer, influenciando a qualidade do produto extrusado no que diz respeito principalmente à aparência e à palatabilidade. Segundo Mohamed (1990), o índice de expansão e a dureza são as características físicas mais afetadas quando a granulometria do alimento encontra-se muito irregular. Para a elaboração de extrusados intermediários ou *pellets*, a Short Milling Company (1991) recomenda que 40 a 50% da farinha de milho passem pela malha de 100 *mesh*.

O pó de café, antes de ser misturado com a farinha de arroz crua para o processo de extrusão (Capítulo 3), precisou passar pela peneira de 1mm de abertura, em que foi obtida a farinha de arroz crua para igualar as granulometrias

e, assim, facilitar o processo, objetivando obter um produto extrusado de melhor característica tecnológica e sensorial.

### 3.2 Composição química das matérias-primas

Os resultados das análises de composição centesimal do pó de café e da farinha de arroz crua estão apresentados na Tabela 1. Os valores médios dos teores de cada variável analisada foram expressos em (g/100g) de amostra em base úmida.

**TABELA 1** Resultados da análise de composição química realizado no pó de café e na farinha de arroz crua, expressos em (g/100g) de amostra em base umida.

Composição em (g/100g) <sup>1</sup>	Amostras	
	Pó de café	Farinha de arroz
Umidade	4,89 ± 0,01	12,44 ± 0,05
Lipídeos	11,60 ± 0,02	0,69 ± 0,04
Proteína bruta	15,75 ± 0,03	7,32 ± 0,011
Carboidratos totais <sup>1</sup>	62,92 ± 0,09	79,08 ± 0,04
Cinzas	4,84 ± 0,01	0,47 ± 0,02
Fibras totais	14,22 ± 0,20	1,57 ± 0,018
Valor calórico <sup>2</sup>	419,08 ± 0,09	351,81 ± 0,15

<sup>1</sup>Media de 3 determinações ± o desvio padrão. <sup>1</sup>Obtidos por diferença (100-umidade-proteína-lipídeos-cinzas); <sup>2</sup>Valor calórico em Cal/100g (não inclui a fibra).

A composição centesimal do alimento puro ou misturado pode influenciar significativamente a qualidade do produto final obtido através do

processo de extrusão (González et al., 2002). Sendo assim, características sensoriais e tecnológicas como textura e crocância de *snacks*, índice de absorção, solubilidade e viscosidade de farinhas pré-gelatinizadas dependem da composição da matéria-prima a ser utilizada na elaboração do produto ou de seus derivados.

Segundo Ascheri (1994), a composição centesimal média ideal da matéria-prima a ser utilizada na elaboração de produtos extrusados expandidos (*snacks*) deve apresentar os seguintes teores: 12-13% de umidade; 77-80% de carboidratos; 7-8% de proteínas; 0,7-0,8% de lipídeos e 0,2-0,3% de cinzas. Os teores de proteínas, lipídeos e cinzas encontrados no pó de café estão bem acima dos recomendados na literatura; entretanto, para a farinha de arroz crua, todos os componentes encontram-se próximos aos observados pelo autor.

### **3.2.1 Teor de umidade**

O café torrado e moído é susceptível à perda de qualidade pela exposição à umidade e ao oxigênio e pela estocagem a temperaturas elevadas. A umidade, além de acelerar o processo de deterioração do café, pode ocasionar, a partir de um determinado teor, aglomeração e, posteriormente, o desenvolvimento de microorganismos (Robertson, 1993). Desta forma, o café torrado e moído com qualidade requer sistemas de embalagem que o protejam da umidade e do oxigênio de forma a preservar por maior tempo a qualidade inicial. Entretanto, no âmbito geral, a qualidade do café torrado e moído depende também de outros fatores, como grau de torrefação, granulometria e características dos grãos (variedade, número de defeitos, etc).

Observa-se, na Tabela 1, que o teor de água no pó de café encontra-se em torno de 4,89 g/100g de amostra, abaixo dos citados por Lago et al. (2002), que observaram valores de umidade variando entre 5,26 e 9,63g/100g de amostra em diferentes tipos de cafés torrado e moído. Entretanto, apresenta-se

próximo ao limite máximo determinado pela Portaria nº 377 de Abril de 1999, da ANVISA, que estabelece, para café torrado em grãos e café torrado e moído, um limite de no máximo 5g/100g de amostra. Segundo Trugo (1987), o tempo de torra e a severidade da torrefação resultam na perda de peso do grão e, conseqüentemente, no menor teor de água.

Os teores médios de umidade para os grãos de arroz do presente estudo estão abaixo dos observados por Carvalho (2000), que encontrou valor médio de 14,30g/100g de amostra. Segundo Brasil (2006) o valor médio máximo de umidade permitido para grãos de arroz beneficiado é de 14,50g/100g de amostra. A diferença de umidade entre os valores observados na literatura e a do presente estudo deve-se provavelmente aos processos de secagem, acondicionamento e armazenamento dos grãos de arroz.

### **3.2.2 Lipídeos**

O grão de café cru possui cerca de 12% de óleos e 95% destes sofrem modificações durante o processo de torrefação (Illy & Viani, 1995). O valor médio observado para o pó de café no presente estudo foi de 11,60g/100g de amostra. Segundo Lercker et al. (1996), a fração lipídica do café não contém somente triacilgliceróis, mas também considerável quantidade de outros compostos lipídicos, como álcoois diterpênicos, ésteres de ácidos graxos e tocoferóis, entre outros no estudo, mostraram uma comparação dos teores lipídicos nas espécies arábica e canephora, e observaram que durante o processo de torrefação o teor de lipídios aumenta devido à degradação de outros componentes da matriz lipídica. Segundo Lago et al. (2002), o grão de café cru possui teores médios de lipídios em torno de 5,69 a 6,39g/100g de amostra. Entretanto, após o processo de torração, dependendo da composição inicial, esses teores podem elevar-se para valores médios variando de 6,93 a 11,12g/100g de amostra. Podem existir diferenças entre os valores de lipídeos

para vários tipos de grãos dependendo principalmente da composição inicial da matéria-prima, do tempo e do tipo de torração, granulometria e formação de *blends* de diferentes variedades ou de diferentes espécies, café arábica e canephora.

Por outro lado, o teor de lipídeo presente no grão de arroz cru do presente estudo está dentro da faixa observada para várias matérias-primas (arroz branco polido) que foram submetidas ao processo de extrusão termoplástica por Ascheri et al., 2006; Borges et al., 2003; Maia et al., 1999, que encontraram 0,38, 0,30 e 0,62 g/100g de amostra, respectivamente.

### **3.2.3 Proteína bruta**

A proteína bruta encontrada no pó de café foi de 15,75g/100g de amostra, valor este próximo aos observados na literatura (Fernandes et al., 2001; Fernandes et al., 2003; Pinto et al., 2002). Os grãos de café crus contêm quantidades de proteínas que variam 8,7 a 16% (Illy & Viani, 1995). Apesar de não ser boa fonte de proteína vegetal, o pó de café apresentou um maior valor médio em comparação à farinha de arroz crua. Os baixos valores de proteínas encontrados para o arroz cru podem ser atribuídos principalmente ao tipo de processamento no caso do arroz branco polido, que apresenta diferentes teores deste constituinte químico antes e após o beneficiamento. Mendonça (2005) encontrou valores de proteína bruta para farinha de quirera de arroz em torno de 9,81g/100g de amostra, valor esse igual ao observado por Ascheri et al. (2006) e superior ao observado no presente estudo. Segundo Castro et al. (1999), durante as etapas de beneficiamento dos grãos de arroz acontecem perdas de proteínas, vitaminas e minerais que encontram-se nas frações que recobrem o endosperma da semente e no germe que são retirados durante o processo. Entretanto, os valores de proteínas observados no presente estudo estão próximos aos encontrados por Borges et al. (2003), 7,50g/100g de amostra. Acredita-se que

além da variedade, ou mesmo mistura de variedades, e por ser tratar de arroz branco e polido, esta diferença se deve ao tipo de processamento a que os grão de arroz foram submetidos.

### **3.2.4 Carboidratos totais**

Os carboidratos do café não apresentam propriedades funcionais ou tecnológicas específicas dos cereais. O teor destes polissacarídeos encontrados no presente estudo foi de 62,92g/100g de amostra, e são elevados quando comparados com uma fonte amilácea como é o caso do arroz, que apresentou um elevado teor de carboidratos (79,08g/100g amostra). O valor encontrado situa-se abaixo dos observados por Maia et al. (1999), 87,47g/100g de amostra, mas próximos dos citados por Ascheri et al. (2006), Borges et al. (2003) e Castro et al. (1999), que encontraram para grãos de arroz cru valores de 80,4; 77,33 e 76,04 g/100g de amostra, respectivamente. O valor observado para carboidratos totais no pó de café está dentro da faixa dos citados por Lago et al. (2002), que encontraram teores médios em cafés torrados e moídos de diferentes procedências variando de 62,67 a 71,96g/100g de amostra. Esta diferença entre os teores de carboidratos de café torrado do presente estudo e os dos autores pode ser atribuída a diferentes fatores, como a mistura de grãos de diferentes variedades, a composição química inicial e, principalmente o tipo de torração causando, assim, maior ou menor degradação destes carboidratos.

### **3.2.5 Cinzas**

A cinza de um alimento é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica e é transformada em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e NO<sub>2</sub>; é constituída principalmente de grandes quantidades de K, Ca, Na e Mg, e pequenas quantidades de Al, Fe, Cu, Mg e Zn, bem como traços de I, F e outros elementos.

No presente estudo foram encontrados teores de cinzas em torno de 4,84 e 0,47g/100g de amostra para pó de café e farinha de arroz crua, respectivamente. Os teores de cinzas do pó de café estão acima dos observados por Fernandes et al. (2002), que encontraram valor médio de 3,44%, mas estão de acordo com os observados por Clarke (2003), que cita valores variando de 4,2 a 4,4g/100g de amostra, e próximos ao limite máximo estabelecido pela ANVISA (1999), que recomenda valor de 5g/100g de amostra para cafés moídos e acondicionados. Estas diferenças indicam que diferentes espécies ou variedades, composição química inicial, ou mesmo o grau de torração, podem determinar maior ou menor conteúdo de cinzas em grãos de café. O teor de cinzas encontrado no arroz está próximo dos valores observados na literatura (Ascheri, 1994; Borges et al., 2002; Castro et al., 1999).

### **3.2.6 Fibras totais**

As fibras dietéticas alimentares são substâncias componentes dos tecidos vegetais que não constituem fonte de energia porque não podem ser hidrolisadas por enzimas do organismo humano. Quantitativamente, os principais integrantes das fibras da dieta derivam das paredes celulares das plantas e são polissacarídeos não-amiláceos insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina); outros fazem parte do material intercelular solúvel (algumas hemiceluloses e pectinas) e outros, ainda, são secretados pelos vegetais para desempenho de funções especializadas (gomas e mucilagens).

Os valores médios de fibra alimentar total observados para o pó de café e farinha de arroz no presente estudo foram de 14,22 e 1,57g/100g de amostra, respectivamente. Os teores de fibra encontrados no café em pó estão próximos aos observados por Pádua et al. (2002), com valores variando entre 15,82% para cafés considerados como padrão de bebida dura e 14,86% para café conilon; entretanto estão abaixo dos observados por Lago et al (2002), que encontraram

valores de 23,47, 20,85 e 16,22g/100g de amostras de café torrado proveniente de diferentes empresas de torrefação. Sugere-se que estas diferenças observadas entre o presente trabalho e os referidos autores sejam devidas à origem da matéria-prima, principalmente à mistura para formação de *blends* (café arábica e canephora ou diferentes variedades), variabilidade genética, etc.

### **3.2.7 Valor Calórico**

Quando se fala em quantidade de calorias em um determinado alimento, fala-se em energia armazenada nas ligações químicas que são liberadas no organismo através do metabolismo dos nutrientes absorvidos pelo sistema digestivo.

Os resultados descritos na Tabela 1 mostram que o pó de café apresentou um valor calórico médio alto, com 419,08Kcal, quando comparado com o arroz, 351,81 Kcal. Os resultados observados para farinha de arroz branco estão próximos dos observados por Ascheri et al. (1998), que encontraram valores de 353,09 Kcal/100g, e abaixo dos observados por Mendonça (2005), que cita valores de 397,02 Kcal para farinha de quirera de arroz. O valor calórico observado no presente estudo para a farinha de arroz crua pode ser atribuído a variedade, condições de solo e adubação. Entretanto, a importância desses fatores se torna pequena quando são levadas em considerações as perdas durante o beneficiamento, lavagem e cozimento, que reduzem bastante alguns constituintes do grão de arroz, pois é precisamente no pericarpo, perisperma e camada de aleurona que se encontram as vitaminas e a maior porcentagem de gorduras, proteínas e substâncias fosfatadas, que são removidas em maior ou menor quantidade, diminuindo, assim, seus teores no arroz branco (Denardin et al., 2004).

### 3.2.8 Perfil de aminoácidos

As proteínas de origem animal são formadas por aminoácidos em proporções e qualidade ótimas para a nutrição humana, enquanto as de origem vegetais raramente são completas em sua composição (Bobbio & Bobbio, 2001). Entretanto, considerando os diferentes tipos de dietas no mundo, tais proteínas são importantes por serem, em muitos casos, a principal ou única fonte de aminoácidos essenciais na alimentação.

Os teores de aminoácidos do pó de café e da farinha de arroz crua analisadas neste estudo foram expressos em g/100g de amostra e estão apresentados na Tabela 2. Os aminoácidos totais encontrados no pó de café estão muito abaixo dos observados para farinha de arroz crua, com 50,68 e 82,17g/100g de amostra, respectivamente. Esses valores indicam a diferença que existe entre os teores de aminoácidos individuais em ambas as matérias-primas.

Observa-se, na Tabela 2, que com exceção da lisina, a farinha de arroz apresentou os maiores teores para todos os aminoácidos analisados em comparação com o pó de café. Entretanto, os teores de asparagina, glutamina, serina, histidina, treonina, arginina, valina e leucina da farinha de arroz foram os que apresentaram os maiores valores. No presente estudo foi analisado pó de café torrado e moído adquirido no comércio local, e segundo especificações do fabricante, a torração utilizada no processo foi a tradicional, ou seja, escura. Illy & Viani (1995) cita que as proteínas do café são degradadas com a torração e a influência da severidade da torração é observada de acordo com a quantidade de aminoácidos obtidos.

**TABELA 2** Resultado da análise de aminoácidos presentes no pó de café e na farinha de arroz crua, expresso em g/100g de amostra em base umida.

<b>Aminoácidos (g/100g)*</b>	<b>Pó de café</b>	<b>Farinha de arroz crua</b>
Asparagina	4,8	7,98
Glutamina	9,46	14,9
Serina	0,79	4,8
Histidina <sup>1</sup>	1,90	3,0
Glicina	3,05	3,1
Treonina <sup>1</sup>	1,14	3,4
Alanina	2,92	4,5
Arginina	1,40	9,6
Tirosina	2,66	4,8
Cisteína	ND	ND
Valina	3,49	5,20
Metionina	ND	ND
Fenilalanina	3,36	4,8
Isoleucina	2,60	3,7
Leucina	5,46	7,1
Lisina <sup>1</sup>	3,9	1,39
Prolina	3,75	3,9
Aminoácidos totais	50,68	82,17

\*Média de 3 determinações  $\pm$  o desvio padrão; <sup>1</sup>Aminoácidos limitantes. (ND) = não determinado.

Os maiores valores de aminoácidos encontrados no pó de café foram para asparagina, glutamina, glicina, valina fenilalanina, leucina e prolina. Apesar dos resultados obtidos encontrarem-se abaixo dos citados por Illy & Viani (1995) para cafés processados por torração média e escura, com 9,35 e 7,13; 22,11 e 23,22; 5,95 e 6,32; 6,71 e 6,78; 10,18 e 10,34; 6,82 e 7,01 e 6,93 e

8,05% para asparagina, glutamina, fenilalanina, glicina, leucina, prolina e valina, respectivamente. Lago et al. (2002), analisando cafés torrados e moídos de diferentes procedências industriais, também observaram maiores valores para os mesmos aminoácidos analisados no presente estudo.

Os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) não foram determinados neste estudo para o pó de café e arroz. Lago et al. (2002) também não determinaram valores para cisteína e metionina em pó de café de diferentes procedências. Entretanto, Illy & Viani (1995) cita valores de 1,08 e 1,26% para metionina e 0,76 e 0,69% para cisteína, em cafés obtidos por torração média e escura, respectivamente.

A composição de aminoácidos da farinha de arroz mostrou que somente os teores de asparagina e glutamina em g/100g de amostra com 7,98 e 14,9 são inferiores aos observados por Borges et al. (2003), com 9,87 e 21,87g/100g de amostra, respectivamente; os demais teores de aminoácidos encontram-se ligeiramente superiores ou iguais aos observados pelos autores. Resultado semelhante também foi observado por Mendonça (2005) analisando o conteúdo de aminoácidos em quirera de arroz. Entretanto, o autor encontrou valor superior somente para glutamina com 18,5g/100g de amostra, sendo que os demais aminoácidos apresentaram valores inferiores aos do presente estudo.

O teor de lisina encontrado no presente estudo para o pó de café com 3,9g/100g de amostra está dentro da faixa dos valores citada por Illy & Viani (1995), com 3,46 e 2,76% para cafés obtidos por torra média e escura, respectivamente. Entretanto, o arroz demonstrou maior deficiência em lisina quando comparado com o pó de café.

Provavelmente, o maior ou menor conteúdo de aminoácidos individuais ou totais observados no pó de café desse estudo e dos de outros autores deve-se principalmente às diferenças observadas entre variedades, procedência da matéria-prima e grau de torrefação.



Em relação ao arroz, a literatura cita que a diferença entre os constituintes químicos depende de fatores genéticos, tipo de solo, adubação e, principalmente, do tipo de beneficiamento, que implica numa maior ou menor retirada de partes do grão, como pericarpo, tegumento, camada de aleurona e embrião, que contêm as maiores quantidades destes componentes (Denardin et al., 2004).

## 4 CONCLUSÕES

- O pó de café apresenta maiores teores de proteínas, lipídeos, carboidratos totais e cinzas do que a farinha de arroz.
- O teor de lisina no pó de café é maior que no arroz. Porém, os outros aminoácidos apresentam valores inferiores aos do arroz.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. **Nutrição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. Cap. 10, p. 179-187.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9. ed. St. Paul, 1995. 2v.

ANVISA/MS. Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. **Portaria nº 377, de Abril de 1999, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde**. Regulamento Técnico para Café Torrado em Grãos e Café Torrado e Moído. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2006.

ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a absorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p.325-335, abr./jun. 2006.

ASCHERI, J. L. R. **Efeito das variáveis de extrusão nas características físicas e químicas de produtos intermediários (half-products)**. 1994. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ASCHERI, J. L. R.; SPEHAR, C. R.; NASCIMENTO, N. E. Caracterization comparativa de harinas instantâneas por extrusion de quinoa, maiz y arroz. **Alimentaria**, Madrid, v. 39, n. 331, p. 9-82, 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemists**. 17. ed. Washington, 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Washington, 2000.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 90.

BORGES, J. T. da 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. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BORGES, J. T. da S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E. N. do.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, jul./dez. 2003.

BRASIL. Portaria n. 27 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <<http://e-ligis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em: 10 out. 2006.

CARVALHO, R. V. **Formulações de snacks de terceira geração por extrusão. Caracterização texturométrica e microestrutural.** 2000. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

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

CLARKE, R. J. título do trabalho. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition: CABALLERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. (Ed.). London: Academic Press, 2003. v.3, p.1486.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids. MACRAE, R.; MACRAE, R. J. (Ed.). **Coffee chemistry.** London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. cap. 5, p.153-202.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. da.; STORCK, C. R.; NORBERG, J. L. Composição mineral de cultivares de arroz integral, parbolizado e branco. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2004.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; PINTO, N. A. V. D.; NERY, M. C.; PÁDUA, F. R. M. de. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arábica L.*) e conilon (*Coffea canephora Pierre*) torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, set./out. 2003.

FERNANDES, S. M.; PINTO, N. A. V. D.; THÉ, P. M. P.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D. de. Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n. 3, p. 197-199, set./dez. 2001.

GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; CARVALHO, J. L. V. de. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 84 p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, n. 28).

GONZÁLES, J. R.; TORRES, R. L.; DE GREEF, D. M. Extrusión-cocción de cereales. **Boletim do Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 104-115, jul./dez. 2002.

ILLY, A.; VIANI, R. **Expresso coffee: the chemistry of quality**. San Diego, 1995. 253 p.

KAIMOTO, A. M. **Perfil de qualidade do arroz adquirido na empresa Risotolândia Serviços de Alimentação**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Gestão de Projetos em Alimentação e Nutrição. Departamento de Nutrição, Setor de Ciência da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2000.

LAGO, R. C. A.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C. Composição centesimal e de aminoácidos de café verde, torrado e de borra de café solúvel. **Industrialização e Qualidade do Café**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Anais...** Porto Velho: EMBRAPA, 2002. v.4, p. 1136-1139.

LERCKER, G.; CABONI, M. F.; BERTACCO, G.; TURCHETTO, E.; LUCCI, A.; BARTOLOMEAZZI, R.; FREGA, N.; BOCCI, F. Lipid fraction of coffee 2. Some quality parameters. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v. 35, n. 353, p. 1186-1193, nov. 1996.

MAIA, L. H.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, M. S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n. 3, p. 391-396, set./dez. 1999.

MENDONÇA, X. M. F. D. **A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto**. 2005. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MOHAMED, S Factors affecting extrusion characteristics of expanded starch-based products. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 14, n. 6, p.437-452, Dec. 1990.

PÁDUA, F. R. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M. Polifenóis, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, fibras bruta e resíduo mineral fixo de diferentes espécies de café arábica e conilon: industrialização e qualidade do café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Anais...** Porto Velho: EMBRAPA, 2002. v.4, p. 1206-1209.

PINTO, N. A. V. D.; PEREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M.; CARVALHO, V. D. de. Caracterização química e sensorial de bebidas e *blends* de cafés torrados tipo expresso. Industrialização e Qualidade do Café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Anais...** Porto Velho: EMBRAPA, 2002. v. 4, p. 1136-1139.

RAMIREZ, J. L. A.; WANDERLEI, C. Efecto de los Parámetros de Extrusión, Características de Pasta y Textura de Pellets (Snacks de Tercera Geración) producidos a partir de Trigo y Maiz. **Alimentaria**, Madrid, v. p. 93-98, ene./feb. 1997.

ROBERTSON, G. L. Packaging of beverages. In: \_\_\_\_\_. **Food packaging principles and practice**. New York: Marcel Dekker, 1993. cap. 19, p. 588-621.

SHORT, J.R. Milling company. **Folder ilustrativo do Research and development laboratories**. Kankakee, IL : P. O. Box Grinnell Road, 60901 USA, 1991.

SPACKMAN, D. C.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. **Analytical Biochemistry**, New York, n. 30, p. 1190-1206, 1958.

TRUGO, L. C. Efeito da torrefação no perfil cromatográfico obtido por filtração em gel de extratos de café arábica. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 36, n. 4, p. 745-753, dez. 1987.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. Chlorogenic acid composition of Instant coffees. **Analyst**, Cambridge, v. 109, p. 263-266, 1984.

### **CAPITULO III**

## **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE EXTRUSADOS DE FARINHA DE ARROZ COM PÓ DE CAFÉ**

## RESUMO

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Caracterização tecnológica de extrusados de farinha de arroz com pó de café**. 2006. 166 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

O objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos das variáveis independentes (temperatura, umidade e mistura) sobre as variáveis respostas: índice de expansão (IE), densidade aparente (DAP), índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e viscosidade de pasta (VP). Foram avaliados o efeito de três níveis de substituição de pó de café na mistura com farinha de arroz (10, 15 e 20 %), três teores de umidade (16, 18 e 20%) e três níveis de temperatura na 3ª zona de aquecimento, ou alta pressão do barril extrusor (140, 160 e 180°C), sendo um total de 18 tratamentos. As análises funcionais dos extrusados demonstraram que os maiores índices de expansão dos extrusados foram obtidos quando a mistura foi processada com umidade e temperatura entre 16 e 18% e 140 e 160°C; o aumento dos níveis de pó de café na mistura, independentemente da umidade e da temperatura, fizeram decrescer significativamente os IE; os dados obtidos para densidade aparente não evidenciaram ajuste para o modelo estatístico proposto, tendo em vista que não apresentaram significância ao nível de  $p < 0,05$  de probabilidade; o IAA e o ISA diminuíram à medida que aumentou a umidade, a temperatura e o percentual de pó de café na mistura; as três variáveis influenciaram os índices de viscosidade (inicial, máxima e final), sendo que os menores valores foram obtidos para viscosidade inicial com os maiores teores de umidade e percentuais de pó de café na mistura. Foi evidente que as misturas contendo maiores porcentagens de pó de café apresentaram resultados característicos de produtos influenciados pelo alto teor de fibras, o que faz com que o amido disponível seja menor e, conseqüentemente, as propriedades dos extrusados sejam diferentes daqueles só com arroz.

---

\* Comitê Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); José Luis Ramirez Ascheri (Co-orientador) – EMBRAPA.

## ABSTRACT

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Technological characterization of extrudates of rice flour with coffee powder.** 2006. 166 p. Thesis (Doctorate in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

The objective of the present work was to study the effects of the independent variables (temperature, moisture and mixture) on the response variables: expansion index (EI), apparent density (AD), water absorption density (WAI), water-solubility index (WSI) and paste viscosity (VP). The effect of three levels of replacement of coffee in the mixture coffee powder with rice flour (10, 15 and 20%), three moisture contents (16, 18 and 20%) and three levels of temperature in the 3<sup>rd</sup> heating zone or high pressure of the extruding barrel (140, 160 and 180C), amounting to 18 treatments. The functional analyses of the extrusions demonstrated that the highest expansion indices of the extrusions were obtained when the mixture was processed with moisture and temperature between 16 and 18% and 140 and 160C; the increasing levels of coffee powder in the mixture, independent of moisture and temperature decreased significantly the EIs, the data obtained for apparent density did not stress the adjustment for the statistical model proposed, having in mind that they did not present any significance at the level of ( $p < 0.05$ ) probability; both the WAI and WSI decreased as moisture, temperature and percent of coffee powder in the mixture were increased; the three variables influence the viscosity indices (initial, maximal and final), the lowest values being obtained for initial viscosity with the highest moisture contents and percents of coffee powder in the mixture. It was apparent that the mixtures containing highest percents of coffee powder showed results characteristic of products influenced by the high fiber content, which causes available starch to be less and hence, the properties of the extrudates to be different from those only with rice.

---

\* Guidance Committee: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Adviser); Jose Luiz Ramirez Ascheri (Co-Adviser) – EMBRAPA.

# 1 INTRODUÇÃO

A extrusão é um processo de cozimento e formatação desenvolvido na década de 60 para dar uma funcionalidade física e química aos produtos alimentícios. Atualmente, parâmetros tecnológicos do amido considerados importantes para a indústria, como índice de expansão, absorção, solubilidade e viscosidade de pasta têm sido utilizados como alternativa na avaliação do aproveitamento ou diversificação de produtos e subprodutos para consumo humano. Além dos efeitos tecnológicos, a extrusão na maioria dos casos propicia efeitos benéficos de ordem nutricional ou funcional, uma vez que viabiliza o processamento de misturas de diferentes fontes de proteínas, fibras e outros nutrientes.

Vários trabalhos utilizando o processo de extrusão têm sido realizados com o objetivo de aproveitar fontes de alimentos que apresentam potencial nutritivo e funcional, mas, que na maioria dos casos, são desperdiçados. Entretanto, estas matérias-primas podem ser utilizadas como ingredientes ou mistura na diversificação e formulação de novos produtos alimentícios que atendam às necessidades atuais do consumidor em relação à saúde. Como exemplos mais recentes desses produtos podemos citar as farinhas pré-gelatinizadas de arroz com casca de jabuticaba (Ascheri et al., 2006); mingaus de arroz com casca de soja (Maia et al., 1999); sopa instantânea à base de amaranto e quirera de arroz (Mendonça, 2005); farinhas instantâneas elaboradas à base de milho, caseína e extrato de leveduras (Alvim, 2001); macarrão pré-cozido à base de quinoa integral e arroz (Borges et al., 2003) e farinha pré-cozida de milho e soja (Fernandes et al., 2004), entre outros.

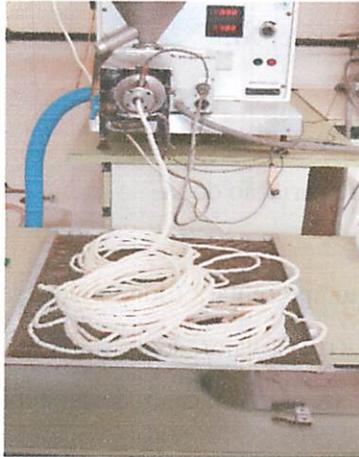
Entretanto, para viabilizar a produção desses alimentos em termos tecnológicos e nutricionais, diferentes parâmetros devem ser analisados durante o processamento, o que é objetivo na abordagem deste capítulo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matérias-primas

O pó de café e a farinha de arroz caracterizados no Capítulo II deste estudo foram submetidos ao processo de extrusão conforme delineamento experimental descrito nas Tabelas 1 e 2.

As misturas (pó de café + arroz) foram preparadas conforme delineamento na Tabela 2 e submetidas ao processo de extrusão utilizando as variáveis independentes (umidade, temperatura e percentual de pó de café na mistura com arroz). A mistura foi processada no extrusor monorosca, marca Brabender, modelo 20 DN, conforme Figura 1.



**FIGURA 1.** extrusor monorosca, marca Brabender, modelo 20 DN.

## 2.2 Metodologia experimental

### 2.2.1 Metodologia de superfície de resposta

Para analisar o efeito combinado das variáveis nas características tecnológicas dos extrusados, estabeleceu-se um experimento estatisticamente delineado em metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem (Box et al., 1978). Ao introduzir estes delineamentos no estudo de polinômios de segundo grau ajustados a dados experimentais, objetivou-se minimizar o número de tratamentos. Os parâmetros do processo estabelecidos como variáveis independentes foram estudadas em três níveis codificados em -1, 0, +1, calculados de acordo com a equação 1:

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

**Equação 1**

**Em que:**

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

**Xi** = valor real da variável;

**Z** = valor real da variável no ponto central;

**$\Delta xi$**  = valor do intervalo de variação do **xi**.

Esse delineamento apresenta 2 (dois) níveis de variáveis axiais, que são codificados como  $-\alpha$  e  $+\alpha$ . O valor de  $\alpha$  é a função ( $F=2^k$ ) do número de variáveis independentes ( $K=3$ ), no caso deste experimento, sendo definida conforme a equação 2:

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = (2^3)^{1/4} = 1,682$$

**Equação 2**

Os valores máximos e mínimos de cada variável independente foram estabelecidos dentro das possibilidades operacionais do processo de extrusão e

com base nos diversos ensaios preliminares. 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 foram combinados e definidos por Box & Draper (1987) conforme (Equação 3).

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

**Equação 3**

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: equação 4, abaixo.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon$$

**Em que:**

$Y_i$  = função resposta;

$X_1, X_2, X_3$  = valores das variáveis independentes;

$\beta_0$  = coeficiente relativo à interpretação do plano com o eixo resposta;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  = coeficientes lineares estimados pelo método dos mínimos quadrados;

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$  = coeficientes das variáveis quadráticas;

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$  = coeficientes de interação entre as variáveis independentes;

$\epsilon$  = erro experimental.

O experimento foi conduzido num delineamento fatorial completo  $2^3$  com três fatores ou variáveis independentes (temperatura, umidade e

porcentagem de pó de café na mistura) e três níveis codificados. Tanto os níveis codificados quanto os axiais ( $-\alpha$ ,  $-1$ ,  $0$ ,  $+1$ ,  $+\alpha$ ) e os fatores têm seus valores reais apresentados na Tabela 1 e o delineamento completo na Tabela 2. As faixas entre o limite inferior e o superior, para cada variável, foram determinadas em testes preliminares.

**TABELA 1.** Níveis das variáveis independentes a serem estudadas no processo de extrusão da farinha de arroz com pó de café.

Variável	Nível				
	-1,682	-1	0	+1	+1,682
U (%)	14,63	16	18	20	21,36
T (°C)	126,36	140	160	180	193,64
M (%)	6,59	10	15	20	23,41

U = umidade (%); T= temperatura (°C); M= Mistura (%).

**TABELA 2.** Delineamento completo do desenho experimental para extrusão de farinha de arroz com pó de café.

Experimento	Níveis codificados das variáveis			Níveis decodificados das variáveis		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	U (%)	T (°C)	M (%)
1	-1,00	-1,00	-1,00	16	140	10
2	-1,00	-1,00	1,00	20	140	10
3	-1,00	1,00	-1,00	16	180	10
4	-1,00	1,00	1,00	20	180	10
5	1,00	-1,00	-1,00	16	140	20
6	1,00	-1,00	1,00	20	140	20
7	1,00	1,00	-1,00	16	180	20
8	1,00	1,00	1,00	20	180	20
9	-	0,00	0,00	18	160	15
	1,682					
10	+1,68	0,00	0,00	18	160	15
	2					
11	0,00	0,00	0,00	18	160	15
12	0,00	0,00	0,00	18	160	15
13	-	0,00	0,00	15	160	15
	1,682					
14	+1,68	0,00	0,00	21	160	15
	2					
15	0,00	-1,682	0,00	18	126	15
16	0,00	+1,68	0,00	18	194	15
		2				
17	0,00	0,00	-1,682	18	160	7
18	0,00	0,00	+1,68	18	160	23
			2			

X<sub>1</sub> = umidade, U (%); X<sub>2</sub> = temperatura, T (°C); X<sub>3</sub> = Mistura, M (%).

A significância do modelo foi testada pela análise de variância (ANOVA) usando o teste de distribuição F, segundo o qual um modelo de regressão é significativo a certo nível de significância, quando o valor do teste

de distribuição F calculado é maior ou igual ao do teste F tabelado neste nível de significância, e quanto maior o teste F calculado, mais preditivo é o modelo (Box & Draper, 1987).

A partir da equação de regressão, variando-se duas variáveis, enquanto a terceira estudada permanece constante, foi possível elaborar gráficos tridimensionais de superfície de resposta com auxílio de um programa computacional (Statsoft, 1996).

### 2.2.2 Condicionamento das amostras

A mistura da farinha com pó de café foi condicionada para os diferentes níveis de umidade, conforme o delineamento experimental completo (Tabela 2).

Após determinação da umidade inicial das misturas da farinha de arroz com pó de café na quantidade ajustada do delineamento experimental, adicionou-se água potável na quantidade estabelecida conforme equação 5 e Tabela 3, e durante aproximadamente 3 minutos realizou-se a mistura manualmente. A seguir, todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos individuais e armazenadas sob refrigeração durante 24 horas para se obter distribuição e absorção mais uniforme da água. Passado este período, a umidade foi novamente conferida a fim de se verificar a estabilização e homogeneidade para, então, as misturas serem submetidas ao processo de extrusão.

$$Y = (U_f - U_i \times P_a) / 100 - U_f$$

**Equação 5**

**Em que:**

**Y** = quantidade de água a ser adicionada (mL);

**U<sub>f</sub>** = umidade final da amostra (%);

**U<sub>i</sub>** = umidade inicial da amostra (%);

**P<sub>a</sub>** = peso da amostra (g).

**TABELA 3.** Quantidade de água adicionada às formulações para o processo de extrusão\*

<b>Formulações (g)</b>				
<b>FAC</b>	<b>PC</b>	<b>Umidade inicial da mistura</b>	<b>Umidade desejada</b>	<b>Quantidade de água adicionada (mL)</b>
900	100	12,2%	15	32,94
850	150	11,6%	16	52,38
800	200	11,2%	18	82,92
930	70	12,2%	20	97,5
770	230	11,2%	21	124,05

\* cálculo conforme delineamento experimental. **FAC**= Farinha de arroz crua; **PC**= Pó de café.

### 2.2.3 Processo de extrusão

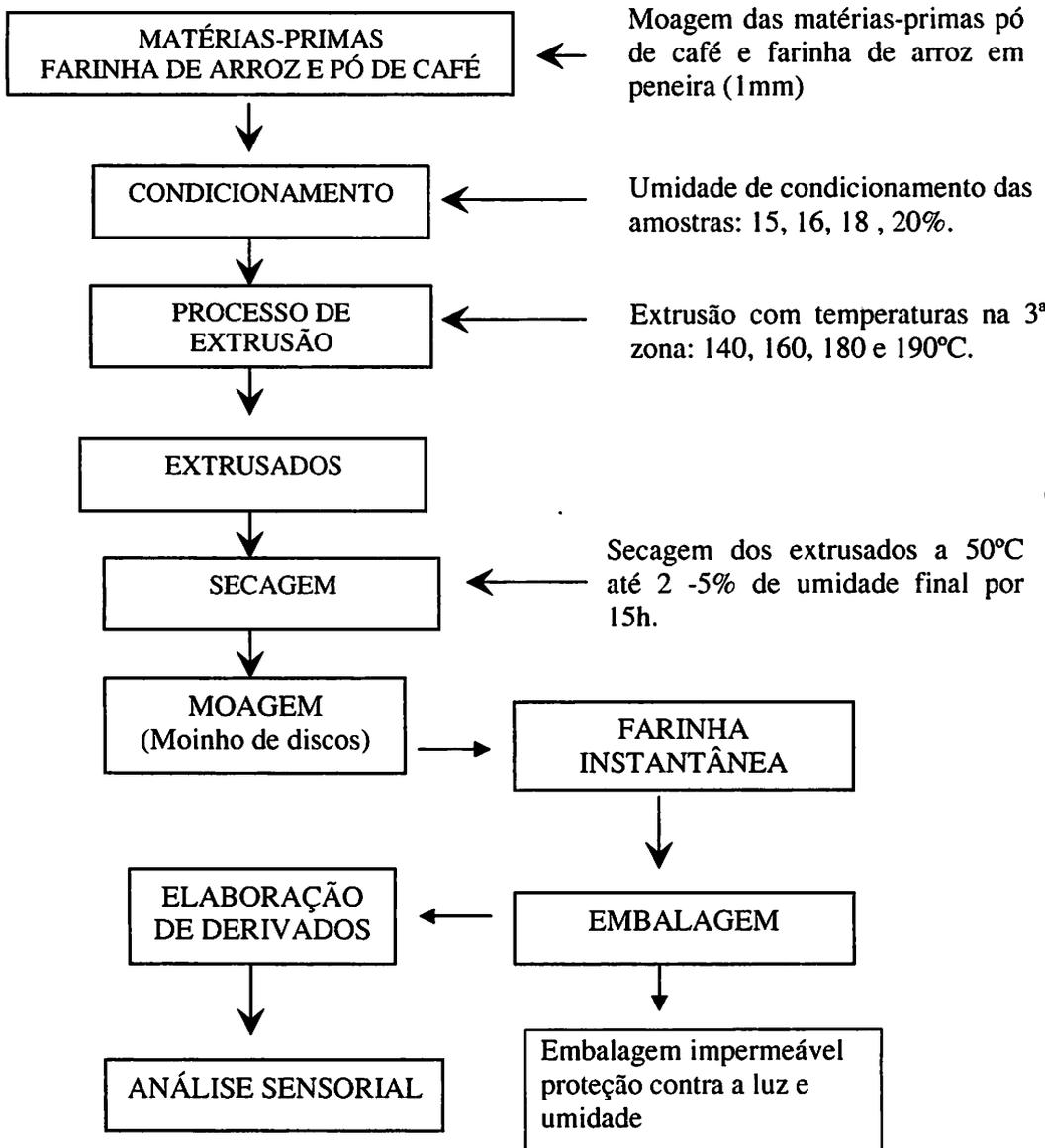
As condições e parâmetros utilizados durante o processo de extrusão para elaboração dos extrusados foram taxa de compressão: 3:1; taxa de alimentação: 16g/minuto e matriz de saída circular de 3mm de diâmetro. O extrusor ainda possuía três zonas de aquecimento no cilindro, controladas por termostato.

A extrusão de cada amostra foi iniciada depois que as três zonas do parafuso, alimentação (1), transição (2) e alta pressão (3) alcançaram as temperaturas desejadas. A temperatura da zona 1 foi mantida fixa em 60 °C; a zona 2 teve sua temperatura sustentada durante todo o processo em 120 °C;

enquanto a temperatura da zona 3 variou de (140, 160 e 180°C). Uma vez atingido o equilíbrio no processo (verificação em painel de controle das temperaturas delineadas), trabalhou-se a amostra desejada e o produto final foi coletado manualmente, sendo em seguida submetidos à secagem em estufa com circulação de ar e temperatura ajustada a 50 °C por cerca de 15 horas para que a umidade final dos extrusados atingisse 3 a 5%. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas, lacrados, etiquetados e armazenados em local seco à temperatura ambiente para posteriores análises.

Para a realização de algumas das análises foi necessária a moagem dos extrusados em moinho de discos, obtendo-se, assim, a farinha pré-cozida. Fez-se a moagem de parte dos extrusados, obtendo-se, então, as 18 amostras de *snaks* e de farinhas pré-cozidas mistas de pó de café com arroz para serem utilizadas nas análises físico-químicas e funcionais.

Na Figura 2 encontra-se o fluxograma de obtenção dos extrusados expandidos *snacks* e das farinhas pré-cozidas para posterior aplicação na elaboração de derivados: biscoitos e bolos e nas análises físicas, químicas e sensoriais.



**FIGURA 2.** Fluxograma da produção de farinhas mistas pré-cozidas de pó de café com arroz.

## 2.3 Propriedades físicas dos produtos extrusados

### 2.3.1 Índice de expansão (IE)

O IE foi calculado pela razão entre o diâmetro do extrusado (mm) e o diâmetro da matriz do extrusor (mm). As medidas dos diâmetros foram efetuadas nas superfícies mais uniformes dos expandidos, com auxílio de um paquímetro. O valor considerado foi obtido através da média aritmética de 10 medidas para cada tratamento ou amostra estudada, segundo a metodologia proposta por Faubion et al. (1982), e calculado pela seguinte equação 6:

$$IE = \frac{\text{diâmetro do extrusado}}{\text{diâmetro da matriz}} \quad \text{Equação 6}$$

### 2.3.2 Densidade aparente (DAP)

A densidade aparente dos extrusados foi determinada pelo método de deslocamento de massa ocupada, utilizando sementes de canola em proveta graduada. Foram realizadas em triplicatas utilizando a metodologia descrita por Ramirez & Wanderlei (1997). Cálculo realizado pela seguinte equação 7:

$$DAP = \frac{m}{v} \quad (\text{g/cm}^3) \quad \text{Equação 7}$$

**Em que:**

**DAP** = densidade aparente;

**m** = peso da amostra (expandidos);

**v** = volume ocupado pela amostra.

## 2.4 Propriedades funcionais dos produtos extrusados

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

As determinações dos índices de IAA e de ISA da farinha mista instantânea extrusada seguiram a metodologia de Anderson *et al.* (1969) adaptada para este trabalho e foram realizadas em duplicata. Para o cálculo do IAA, em tubos de centrífuga (com tampa) previamente tarados foram colocados aproximadamente 1g de amostra (com granulometria igual a 150 *mesh*) e 10mL de água destilada a 30°C. Os tubos foram agitados durante 30 minutos em um agitador mecânico, mantendo-se a temperatura de 30°C em banho-maria, tipo *Reciprocal Shaking Bath Model 50*, e em seguida centrifugados a 3500 rpm durante 15 minutos. O líquido sobrenadante obtido depois da centrifugação foi vertido cuidadosamente sobre uma placa de Petri previamente tarada e transferido para uma estufa a 50°C, até obter peso constante. O gel remanescente (amostra úmida) foi pesado e o IAA foi calculado conforme equação 8, mostrado a seguir.

$$\text{IAA} = \frac{\text{peso do resíduo centrifugado (g)}}{(\text{peso da amostra (g)} - (\text{peso do resíduo evaporado (g)}))} = (\text{g de gel/g de matéria seca})$$

O ISA foi determinado a partir da evaporação do sobrenadante obtido no teste anterior utilizando-se a seguinte equação 9:

$$\text{ISA} = \frac{\text{peso do resíduo da evaporação (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100 \quad \text{Equação 9}$$

## 2.4.2 Viscosidade de pasta (VP)

Com o uso do equipamento *Rapid Visco Analyser*, determinou-se o comportamento, em meio aquoso, de uma suspensão das farinhas mistas pré-cozidas diante do calor e da agitação promovida pelo equipamento. Os pesos das amostras e os volumes de água foram corrigidos com base no teor de 14% de umidade para uma quantidade de 3g de material em 25mL de água destilada. Os resultados foram expressos em unidades centipoise (cP).

A temperatura inicial do aparelho foi de 25°C, sendo aumentada gradualmente até 95°C, com uma taxa constante de elevação de 1,5°C por minuto. Ao chegar a 95°C, a temperatura foi mantida constante por 3 minutos e depois se procedeu ao resfriamento, que também foi feito gradualmente, até chegar a 50°C, com diminuições de 1,5°C por minuto. Para interpretar o viscoamilograma foram utilizados os seguintes parâmetros:

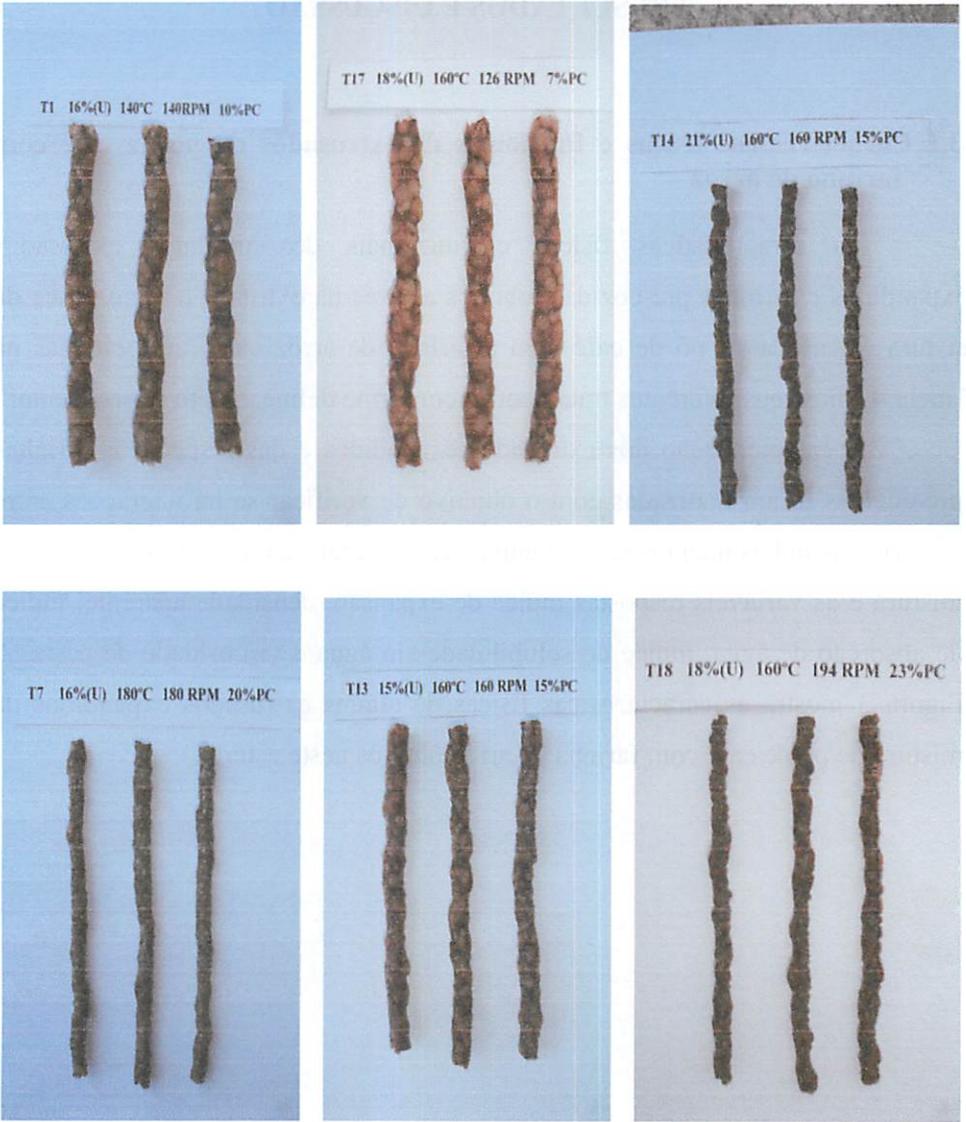
- temperatura inicial de formação de pasta – é a temperatura em °C, correspondente ao início da formação de pasta;
- temperatura da viscosidade máxima – é a temperatura em °C, calculada com base no tempo de funcionamento do *Rapid Visco Analyser*, correspondente ao ponto mais alto da curva do amilograma durante o ciclo de aquecimento;
- viscosidade inicial (VI) a 25°C - é o valor da viscosidade da suspensão em unidades centipoise (cP), no início do ciclo de aquecimento. Essa viscosidade a frio depende principalmente do grau de gelatinização dos grânulos de amido e da magnitude da sua quebra molecular durante o processo de extrusão;
- viscosidade máxima (VM) a 95°C – é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento e expresso em cP;
- viscosidade final (VF) a 50°C no ciclo de resfriamento - é o valor da viscosidade em cP após a amostra ter atingido a temperatura de 50°C no ciclo de resfriamento.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Características físicas e funcionais de extrusados de pó de café com farinha de arroz**

As características físicas e funcionais dos produtos extrusados (expandidos e farinhas pré-cozidas) obtidos através da extrusão termoplástica da mistura extrusada de pó de café com a farinha de arroz estão apresentadas na Tabela 4 e nos seus diferentes tratamentos, conforme delineamento experimental.

A caracterização dos extrusados expandidos e das respectivas farinhas pré-cozidas foram realizadas com o objetivo de verificar se há interações entre as variáveis independentes teor de umidade, temperatura e percentual de café na mistura e as variáveis respostas índice de expansão, densidade aparente, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e viscosidade de pasta. A Figura 3 mostra as características físicas de alguns extrusados expandidos da mistura de pó de café com farinha de arroz obtidos neste estudo.



**FIGURA 3.** Características físicas de extrusados expandidos da mistura de pó de café com farinha de arroz.

**TABELA 4** Efeitos da extrusão termoplástica sobre as variáveis dependentes e sua influência sobre as características físicas e funcionais da mistura de extrusados de pó de café com farinha de arroz.

TR	Variáveis independentes			Variáveis dependentes (VP) em Centipoise						
	U	T	M	IE	D	IAA	ISA	VI	VM	VF
1	16	140	10	11,11	0,15	5,96	8,57	121	526	336
2	20	140	10	5,98	0,32	6,12	5,03	87	361	415
3	16	180	10	7,26	0,17	5,95	8,02	103	396	313
4	20	180	10	4,27	0,36	5,53	4,55	40	405	422
5	16	140	20	6,28	0,23	4,94	5,80	26	209	174
6	20	140	20	4,48	0,24	5,05	4,91	31	188	203
7	16	180	20	4,32	0,22	6,25	6,21	41	190	181
8	20	180	20	2,91	0,32	4,59	6,82	33	138	164
9	18	160	15	7,62	0,16	5,15	5,20	31	250	244
10	18	160	15	6,73	0,19	5,05	5,36	14	231	248
11	18	160	15	5,79	0,22	5,21	5,60	45	242	234
12	18	160	15	6,76	0,19	5,21	5,75	44	211	190
13	15	160	15	8,60	0,14	5,29	6,44	2	207	185
14	21	160	15	4,09	0,19	5,49	4,05	0	187	222
15	18	126	15	7,78	0,19	5,19	5,29	68	236	234
16	18	194	15	4,07	0,23	5,40	6,02	66	267	287
17	18	160	7	11,11	0,14	6,33	7,01	125	370	477
18	18	160	23	4,27	0,30	5,02	5,14	0	103	113

**TR=** Tratamentos; **U=** Umidade (%); **T=** Temperatura (°C); **M=** Mistura de pó de café com farinha de arroz (%); **IE=** índice de expansão; **D=** densidade; **IAA=** índice de absorção de água; **ISA=** índice de solubilidade em água; **VP=** Viscosidade de pasta. **VI=** Viscosidade inicial; **VM=** Viscosidade máxima; **VF=** Viscosidade final.

### 3.1.1 Índice de expansão (IE)

O índice de expansão (IE) do amido extrusado é de grande importância na avaliação da qualidade do produto, bem como no monitoramento do processo de extrusão. Segundo Lusas & Raiz (1994) por meio deste índice pode-se prever a severidade do processo de extrusão. Este parâmetro pode ser definido apenas como a razão entre a expansão radial final após a saída e resfriamento do material extrusado e o diâmetro da matriz. Através dos valores do IE é possível verificar se a matéria-prima utilizada após o processo de extrusão possui ou não uma composição apropriada para a elaboração do produto desejado.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados experimentais do IE. O maior valor de IE foi obtido quando a mistura foi processada a uma temperatura de 140 e 160°C com 16 e 18% de umidade da mistura e 10 e 7% de pó de café na formulação, respectivamente, alcançando valores médios de 11,11mm de diâmetro.

A análise de variância (ANOVA) do modelo estatístico aplicado na interação das variáveis independente com a resposta índice de expansão para a mistura extrusada do pó de café com farinha de arroz está apresentada na Tabela 5. Estatisticamente, a variação devido à regressão foi significativa ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), com um valor de coeficiente estimado ( $R^2$ ) de 0,93737, explicando 93,737% da variação total do IE em torno da média, atribuindo-se apenas 6,263% aos resíduos. O modelo estatístico e os dados experimentais ajustaram-se adequadamente, tendo em vista que a variação por falta de ajuste não apresentou significância.

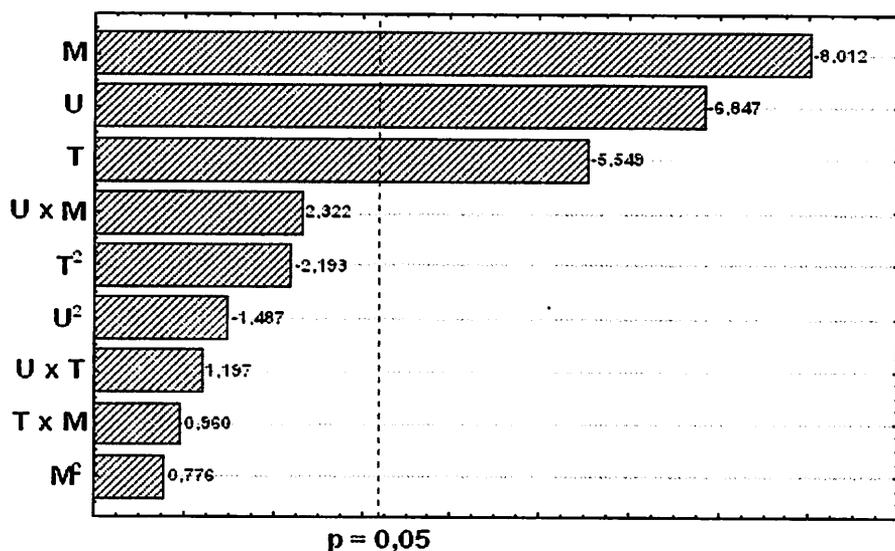
**TABELA 5.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática do índice de expansão (IE) dos extrusados de pó de café com farinha de arroz, obtida por análise de superfície de resposta.

Fonte de variação	Soma		Média	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub>
	quadrática	GL	quadrática		
Regressão	88,112	9	9,790	13,303	3,388*
Resíduos	5,888	8	0,736		
Falta de ajuste	4,211	5	0,842	1,507	9,013 <sup>n.s.</sup>
Erro puro	1,677	3	0,559		
Total	94,000	17			

\* Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). **n.s.** não significativo.

Na Tabela 1A, do anexo A, estão apresentados os coeficientes e os efeitos do modelo de regressão quadrática ajustada para os valores do IE. Os resultados indicam que o intercepto foi significativo ao nível de 95% de confiança, demonstrando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

Observa-se, na Tabela 1A em anexo e no diagrama de pareto (Figura 4), que apenas as variáveis mistura, umidade e temperatura na forma linear foram estatisticamente significativas ao nível de 95% de probabilidade, apresentando efeitos negativos, indicando que o valor de IE é inversamente proporcional ao aumento destas variáveis independentes. Entretanto, a variável mistura na forma linear foi a que causou maior influência nos valores obtidos para IE, seguida pelo efeito de umidade e temperatura.

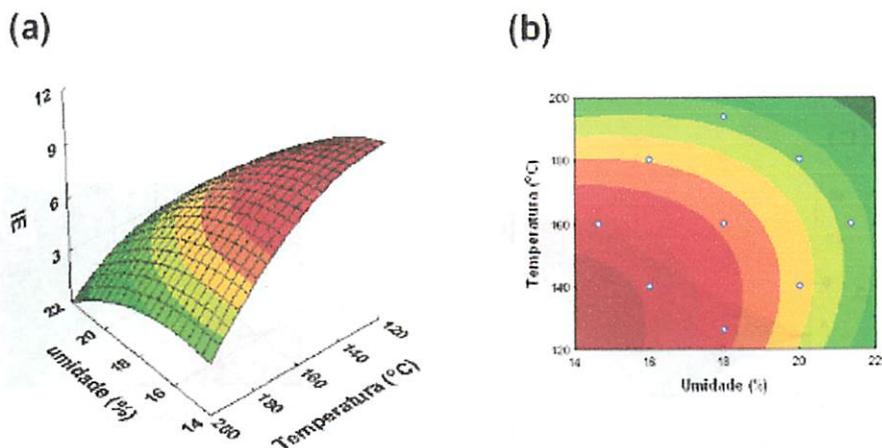


### Efeitos estimados (valores absolutos)

**FIGURA 4.** Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de índice de expansão (IE) dos extrusados de pó de café com farinha de arroz.

A variação do valor de IE dos extrusados em relação às variáveis temperatura, umidade e percentual de pó de café na mistura com farinha de arroz está apresentada nos gráficos de superfície de resposta e curva de nível (Figura 5). Observa-se que existe uma tendência real para o aumento do IE dos extrusados. Entretanto, esse aumento é fortemente evidenciado quando a mistura foi processada com teores de umidade variando entre 15 a 18% e intervalos de temperatura em torno 140 e 160°C. Os valores de umidade e temperatura observados no presente trabalho encontram-se próximos aos citados por Mendonça (2005), que observou valores de umidade e temperatura ótimos para altos IE de alimento extrusado à base de quirera de arroz e farinha de amaranto

integral, com valores de 14 a 18% para umidade e 120 a 140°C para temperatura.

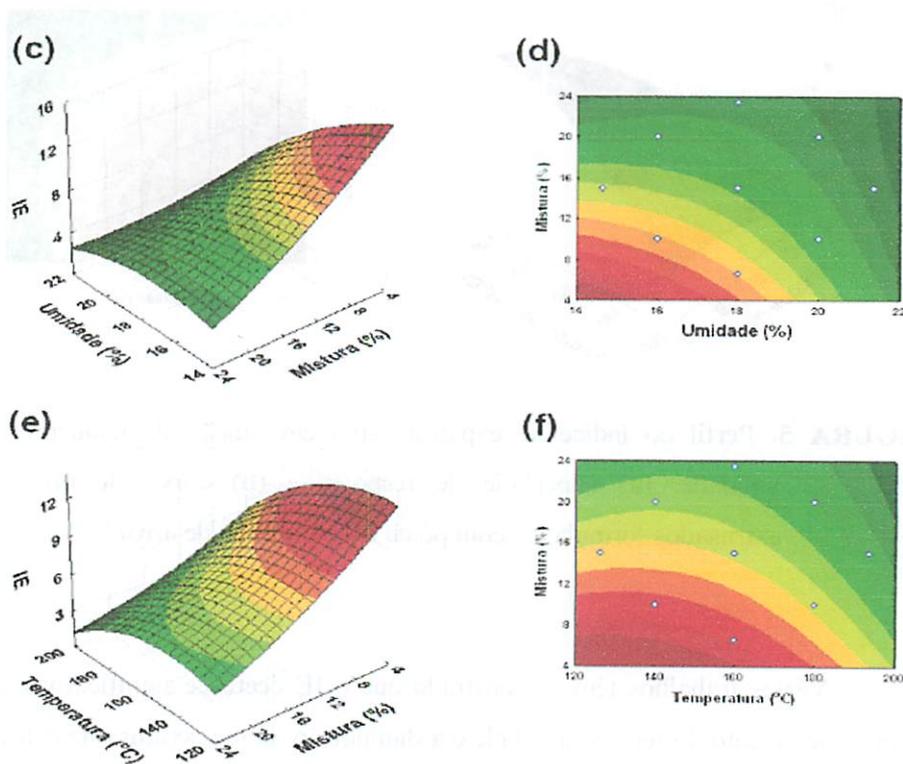


**FIGURA 5.** Perfil do índice de expansão (IE) em função da temperatura e umidade. (a) superfície de resposta e (b) curva de nível dos extrusados formulados com pó de café e farinha de arroz.

Vários trabalhos têm demonstrado que o IE decresce significativamente com o incremento do teor de umidade e a diminuição da temperatura de extrusão (Alves & Grossmann, 2002; Chávez-Jáuregui, 1999; Fernandes, 2002; Mendonça, 2005). Miller (1985) justifica esse fenômeno pela relação entre a quantidade de água e a força do gel formado no processo. Em altas umidades o gel é mais elástico, formando uma matriz de pequenas células uniformes. No caso de baixa umidade do alimento, a matriz formada durante a extrusão apresenta células maiores e pouco uniformes, pois o gel formado é pouco elástico. Em relação à

temperatura, o grau de expansão aumenta até um determinado valor para depois decrescer, e isso depende do tipo de matéria-prima ou mistura (Singh et al., 1994).

Na Figura 6 observa-se a interação entre os fatores mistura, umidade e temperatura.



**FIGURA 6.** Perfil do índice de expansão (IE) em função da mistura, umidade e temperatura. (c) e (e) superfície de resposta e (d) e (f) curvas de níveis dos extrusados formulados com pó de café e farinha de arroz.

O alto teor de fibras totais presentes no pó de café (14,22%) usado neste trabalho influenciou significativamente o IE dos extrusados à medida que se aumentou o percentual na mistura. Portanto, os maiores valores de IE dos extrusados foram obtidos quando a mistura foi processada com os menores percentuais de pó de café, com 7 e 10%, respectivamente, e temperaturas de extrusão de 140 e 160°C.

Mendonça (2005), analisando níveis de substituição de 20 a 40% de farinha de amaranto integral na mistura com quirera de arroz, também observou uma redução no IE à medida que aumentou o teor de farinha de amaranto integral na formulação, visto que o produto tinha alto teor de fibras já que foi processado com casca.

Alimentos extrusados com formulações de ingredientes que apresentam baixos teores de amido e altos níveis de fibras totais resultam em produtos com textura endurecida, maior retenção da umidade e reduzida expansão (Jeltema et al., 1983). Alimentos considerados como fonte de fibras, tais como casca de soja, farelo de aveia, hemicelulose e farelo de trigo, reduzem o IE. Segundo os mesmos autores, esta redução está relacionada com a presença de componentes de alta capacidade hidrofílica, além de os polímeros das fibras não serem fáceis de expandir. Para Chiang & Johson (1977), o IE também está relacionado com o grau de gelatinização que ocorre no processo de extrusão, bem como com a razão da evaporação da água no momento da saída do extrusado pela matriz.

### **3.1.2 Densidade aparente (DAP)**

A densidade de produtos extrusados é uma característica física que interfere diretamente no acondicionamento e, conseqüentemente, no custo de produção do produto. Segundo Sébio (1996), as medidas de densidade no produto após a extrusão só devem ser realizadas após a secagem do produto.

Vários são os parâmetros que podem interferir na densidade do produto extrusado, entre eles a umidade, a temperatura de extrusão e a formulação.

Os resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) para densidade estão apresentados na Tabela 6.

**TABELA 6.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da densidade aparente (DAP) dos extrusados da mistura de pó de café com farinha de arroz obtido por análise de superfície de resposta.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	0,049	9	0,005	1,881	3,388 n.s.
Resíduos	0,023	8	0,003		
Falta de ajuste	0,021	5	0,004	7,155	9,013 n.s.
Erro puro	0,002	3	0,001		
Total	0,072	17			

\* Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). **n.s.** não significativo.

Entretanto, observa-se que a variação devido à regressão não foi significativa estatisticamente ao nível de confiança de 95% ( $p < 0,05$ ), apresentando um valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,67906, explicando somente 67,906% da variação total da densidade em torno da média e atribuindo-se um alto valor 32,094% aos resíduos. Não existem evidências da falta de ajuste do modelo aos dados experimentais. Segundo Box & Wetz (1973), para que uma regressão seja não apenas estatisticamente significativa,

mas também útil para fins preditivos, o valor da razão  $MQ_{Reg}/MQ_{Erro}$  deve ser no mínimo de 4 a 5 vezes o valor de  $F_{tabelado}$ . De acordo com esta sugestão, o modelo utilizado neste estudo não se ajustou bem aos dados experimentais, além da variação devido à falta de ajuste não ser estatisticamente significativa. Na Tabela 2A, em anexo, estão apresentados os coeficientes e os efeitos do modelo de regressão quadrática ajustada para os valores de (DAP).

### 3.1.3 Índice de absorção de água (IAA)

Os grânulos gelatinizados absorvem mais água que os grânulos de amido em seu estado natural, e as proteínas, devido a mudanças conformacionais em suas estruturas, como a alteração do balanço hidrofílico – hidrofóbico, dentre outros fatores provocados pela extrusão, podem contribuir para aumentar ou diminuir o IAA (Cardoso, 1993). Dessa forma, através do IAA pode-se prever a severidade do tratamento ao qual o amido foi submetido. Segundo Cereda et al. (2003), o amido de arroz absorve as seguintes proporções de água em diferentes temperaturas: 0% a 30°C, 300% a 60°C e 1000% a 70°C.

Pode-se observar, na Tabela 4, que o maior e o menor valor de IAA foram obtidos nos tratamentos T17 e T8 com valores de 6,33 e 4,59g de gel/g de matéria seca, processados com teores de umidade de 18 e 20%, temperaturas de 160 e 180°C e 7 e 20% de pó de café na mistura respectivamente.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) do modelo total ajustado para índice de absorção de água da mistura extrusada estão apresentados na Tabela 7. O modelo de regressão adotado para este parâmetro foi significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), apresentando um coeficiente de correlação múltipla ( $R^2$ ) de 0,86918, explicando 86,918% da variação total do IAA em torno da média; 13,082% são atribuídos aos resíduos. Portanto, os dados experimentais para a variável resposta avaliada indicam um bom ajuste ao modelo quadrático proposto.

A Tabela 3A, do anexo A, apresenta os coeficientes e os efeitos do modelo de regressão quadrática ajustada para os valores do IAA. Os resultados indicam que o intercepto foi significativo ao nível de ( $p < 0,05$ ), demonstrando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

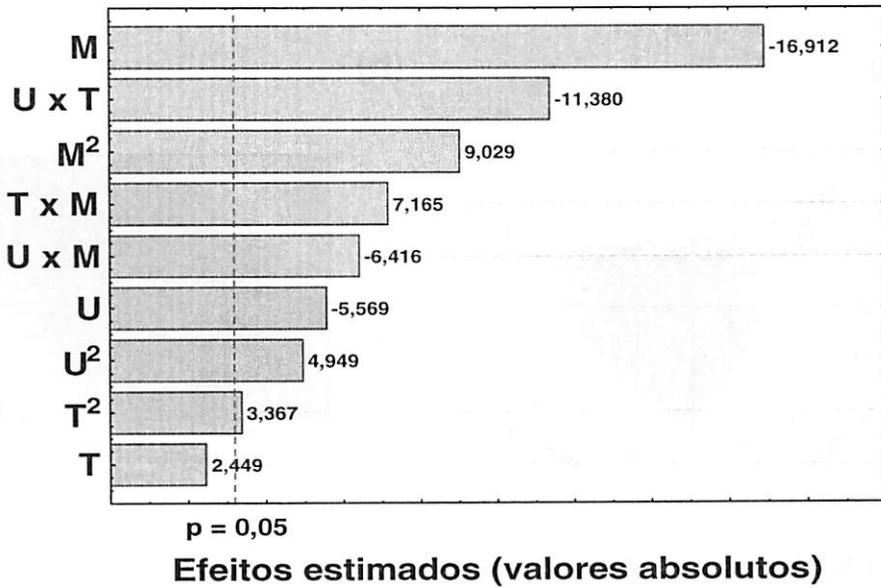
**TABELA 7.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática do índice de absorção de água (IAA) dos extrusados de pó de café com farinha de arroz obtido por análise de superfície de resposta.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	3,633	9	0,404	5,906	3,388n.s.
Resíduos	0,547	8	0,068		
Falta de ajuste	0,530	5	0,106	18,584	9,013*
Erro puro	0,017	3	0,006		
Total	4,179	17			

\* Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). n.s. não significativo.

A Figura 7 mostra que somente a variável linear T não foi significativa ao nível de ( $p < 0,05$ ); todas as demais variáveis e suas interações contribuíram para a variação do IAA. Entretanto, as variáveis que apresentaram os maiores índices de contribuição em ordem de importância negativa foram as variáveis lineares M e U, e as interações U x T e U x M, conforme evidenciado no diagrama de pareto, Figura 4, refletindo, assim, na diminuição do valor de IAA. Porém, o maior efeito foi atribuído à variável M linear, indicando que a variação do IAA foi inversamente proporcional à adição do pó de café na mistura com a farinha de arroz, ou seja, quanto maior o percentual de pó de café na mistura,

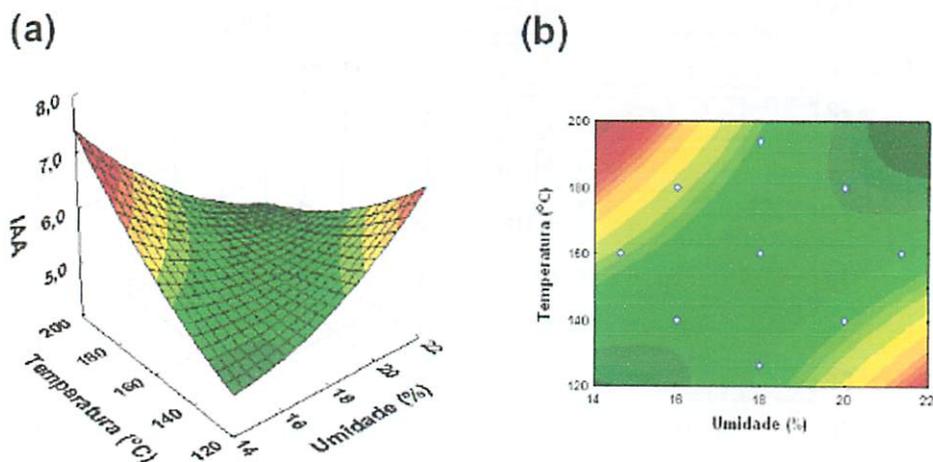
menor será o IAA. Somente as variáveis quadráticas  $M^2$ ,  $U^2$ ,  $T^2$  e a interação  $T \times M$  apresentaram efeitos positivos, contribuindo para um aumento real do valor do IAA.



**FIGURA 7.** Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de índice de absorção de água (IAA) dos extrusados do pó de café com farinha de arroz.

Na Figura 8 está apresentado os efeitos das variáveis temperatura e umidade sobre o IAA. Observa-se que na faixa de 18 a 20% a variável umidade foi diretamente proporcional ao IAA. Altos 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

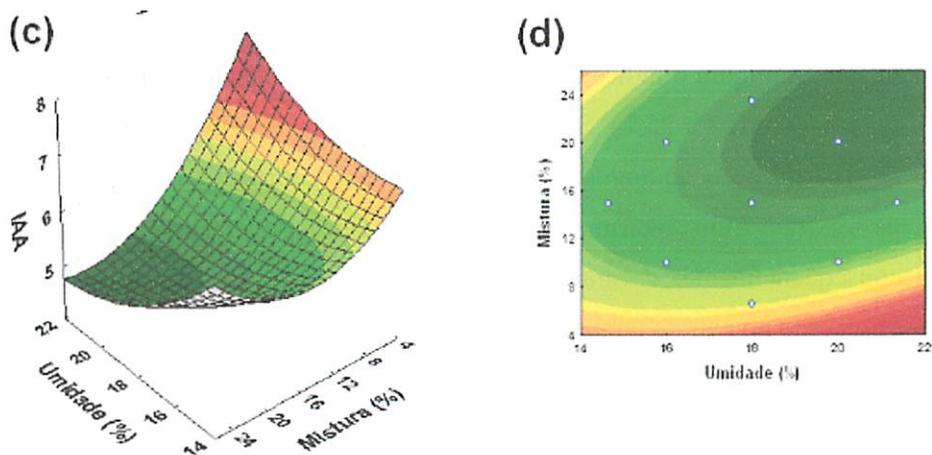
moléculas de amido, pois a água funciona como lubrificante no meio, resultando, assim, em menor degradação da amilose e amilopectina e, conseqüentemente, em aumento do IAA.



**FIGURA 8.** Perfil do índice de absorção de água (IAA) em função da umidade e temperatura. (a) Superfície de resposta e (b) curva de nível.

Em relação à variável temperatura, observa-se uma forte influência sobre os valores do IAA quando a mistura foi processada com temperaturas variando entre 160 e 180°C. Owusu-Ansah et al. (1983) observaram, no processo de extrusão de amido de milho, que a interação entre umidade e temperatura foi o efeito de maior significância nas respostas de IAA. Por outro lado, Borges (2002) e Silva (2002), extrusando outros tipos de farinhas mistas, verificaram que a variável temperatura pouco influenciou os valores de IAA. Entretanto, um tratamento brando pode resultar em valores de IAA intermediários.

O efeito das variáveis mistura e umidade sobre o IAA está apresentada na Figura 9. Tanto a mistura quanto a umidade exerceram influência no IAA. Esta evidência mostra que as proporções da mistura do pó de café com a farinha de arroz e a umidade, quando submetida ao processo de extrusão, são parâmetros importantes para elaborar o produto desejado. Os menores valores de IAA foram observados quando a mistura foi processada com altos teores de umidade e elevados percentuais de pó de café.

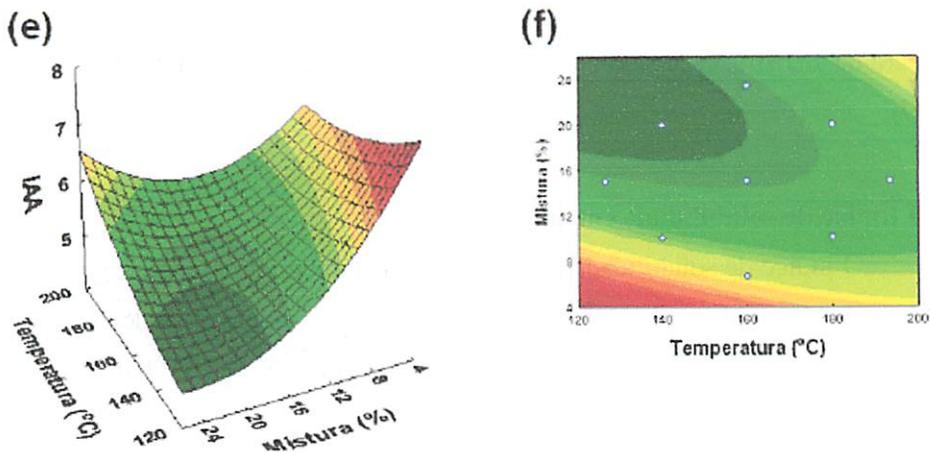


**FIGURA 9.** Perfil de índice de absorção de água (IAA) em função da mistura e umidade. (c) Superfície de resposta e (d) curva de nível.

Maia et al. (1999) estudaram o efeito da extrusão sobre o IAA de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e casca de soja e verificaram uma interação negativa no IAA, ou seja, à medida que adicionavam maiores proporções de casca de soja na mistura, observava-se uma diminuição no IAA. Estes resultados concordam com o presente trabalho, pois as fibras totais

presentes no pó de café diminuíram os índices de absorção de água da mistura extrusada. O elevado teor de amido em alimentos amiláceos contribui positivamente para aumento dos níveis de absorção de água quando comparado com alimentos ricos em fibras, proteínas e gorduras na sua composição.

A influência das variáveis mistura e temperatura está apresentada na Figura 10. O IAA aumentou à medida que sofreu maior influência da temperatura e houve um decréscimo no nível de substituição do pó de café na mistura. Alvim (2001), analisando os efeitos do processo de extrusão sobre as propriedades funcionais e nutricionais de farinhas à base de milho, caseína e derivados de levedura, observou que o aumento de extrato de levedura na mistura diminuiu o índice de absorção, independentemente da umidade utilizada no processo (22 a 25%). Segundo o mesmo autor, isso mostra uma menor taxa de gelatinização do amido, provavelmente em decorrência do próprio aumento de extrato em detrimento da quantidade de farinha de milho e, conseqüentemente, de amido na farinha mista. O alto teor de maltodextrina observado no extrato também diminuiu o IAA.



**FIGURA 10.** Perfil de índice de absorção de água (IAA) em função da mistura e temperatura. (e) Superfície de resposta e (f) curva de nível.

Este resultado evidencia que o IAA não diminui com temperaturas entre 160 e 180°C e com um menor teor de pó de café na mistura (7 a 10%). Entretanto, a partir de maiores percentuais de pó de café adicionados no processo ocorreu um decréscimo significativo do IAA. Segundo Gutkoski (1997), é importante considerar a composição química da fração estudada, isto é, teores altos de proteínas, fibra alimentar e lipídios e teores baixos de amido. O comportamento do IAA é função da interação dos constituintes químicos do sistema alimentar estudado. Com a elevação da temperatura ocorrem aumentos de solubilização de amido e de proteínas desnaturadas. Assim, deve ser considerado o efeito da fibra alimentar, principalmente em relação às alterações que existem quanto à solubilidade e nos teores de fibras solúveis e insolúveis no processo de extrusão.

Pesquisas têm indicado que é muito difícil comparar valores de IAA nos diferentes produtos, pois eles dependem das condições experimentais, como

temperatura, tempo e velocidade de centrifugação, assim como do método de preparo da amostra, especialmente o processo de secagem do produto (Céspedes, 1999).

### **3.1.4 Índice de solubilidade em água (ISA)**

O índice de solubilidade em água é um parâmetro que reflete o grau de degradação do amido, ou seja, é a somatória dos efeitos do processo de extrusão sobre a gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização (Whalen et al., 1997). Em produtos extrusados, esse efeito leva a um aumento da solubilidade pela liberação de amilose e amilopectina dos grânulos, que são danificados no processo. Entretanto, segundo Gutkoski (1997), a extrusão também pode levar à formação de componentes de baixo peso molecular em condições drásticas de processamento, influenciando, assim, no valor de ISA.

Os dados da Tabela 4 mostram os valores obtidos para a variável ISA. Observa-se que o maior e menor valor de ISA foram obtidos a uma temperatura de 140 e 160°C com 16% e 21% de umidade e 10 e 15% de pó de café na mistura, determinando um valor médio de 8,57 e 4,05g de gel/g de matéria seca, respectivamente para os tratamentos T1 e T14.

A análise de variância (ANOVA), Tabela 8, mostra que os resultados para o modelo de regressão quadrática do ISA ajustaram-se bem ao esquema proposto. A variação devido à regressão foi significativa estatisticamente ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), apresentando um valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,90317, o que explica 90,317% da variação total da variável resposta em torno da média; 9,683% são atribuídos aos resíduos. Não há evidência da falta de ajuste do modelo aos dados experimentais.

**TABELA 8.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática do índice de solubilidade em água (ISA) da mistura extrusada de pó de café com farinha de arroz, obtidas por análise de superfície de resposta.

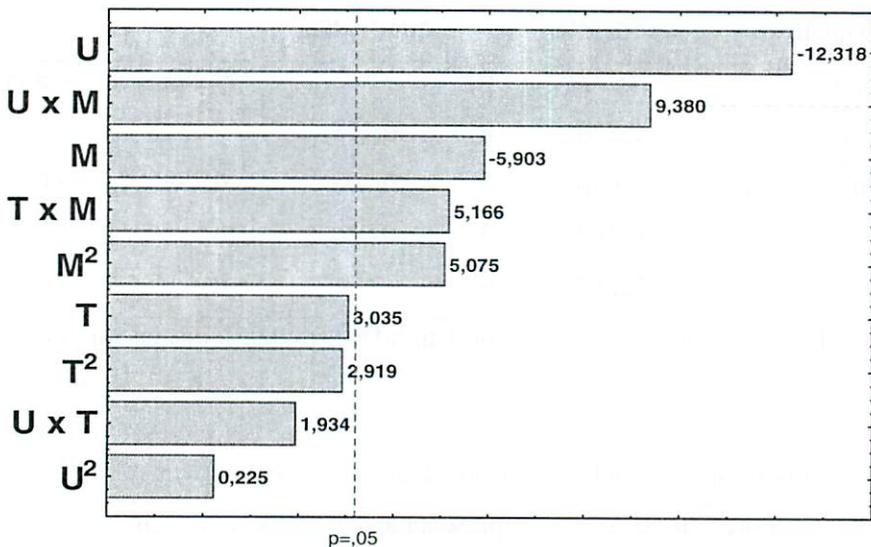
<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	20,709	9	2,301	8,291	3,388*
Resíduos	2,220	8	0,278		
Falta de ajuste	2,040	5	0,408	6,798	9,013*
Erro puro	0,180	3	0,060		
Total	22,929	17			

\*Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). n.s. não significativo.

Os efeitos e coeficientes do modelo de regressão quadrática ajustada para os valores de ISA estão apresentados na Tabela 4A em anexo. Existe significância dos valores em relação ao intercepto ao nível de ( $p < 0,05$ ), evidenciando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

No diagrama de pareto, Figura 11, pode-se observar que a variável linear T e quadráticas T<sup>2</sup> e U<sup>2</sup> e a interação U x T não foram significativas ao nível de ( $p < 0,05$ ). Todas as demais variáveis contribuíram de maneira negativa ou positiva na variação do ajuste do modelo. As variáveis lineares U e M, devido ao processo de extrusão, apresentaram os maiores valores negativos, ocasionando um decréscimo no valor de ISA. Porém, a variável negativa que afetou o ISA em maior proporção foi a U, indicando que a variação do valor de ISA foi inversamente proporcional à umidade.

A variável  $M^2$  e as interações  $U \times M$  e  $T \times M$  apresentaram efeito positivo. Porém, a interação  $U \times M$  ocasionou maior influência no ISA, mostrando que baixos percentuais de umidade e pó de café na mistura resultam em aumento nos valores de ISA.

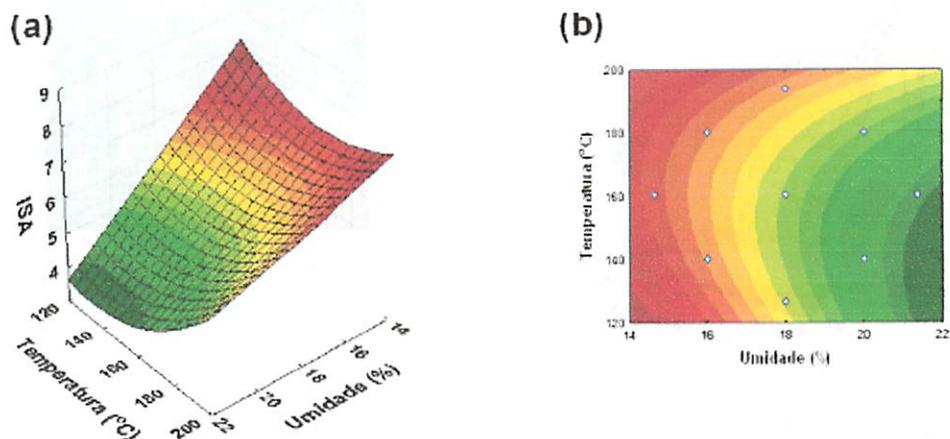


**Efeitos estimados (valores absolutos)**

**FIGURA 11.** Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de índice de solubilidade em água (ISA) dos extrusados do pó de café com farinha de arroz.

A Figura 12 mostra que existe uma tendência para o decréscimo dos valores de ISA de forma proporcional ao aumento dos teores de umidade na mistura, superior a 15%. Em relação à temperatura observa-se que o maior valor de ISA foi obtido a temperaturas mais baixas, entre 140 a 160°C. Porém, alta

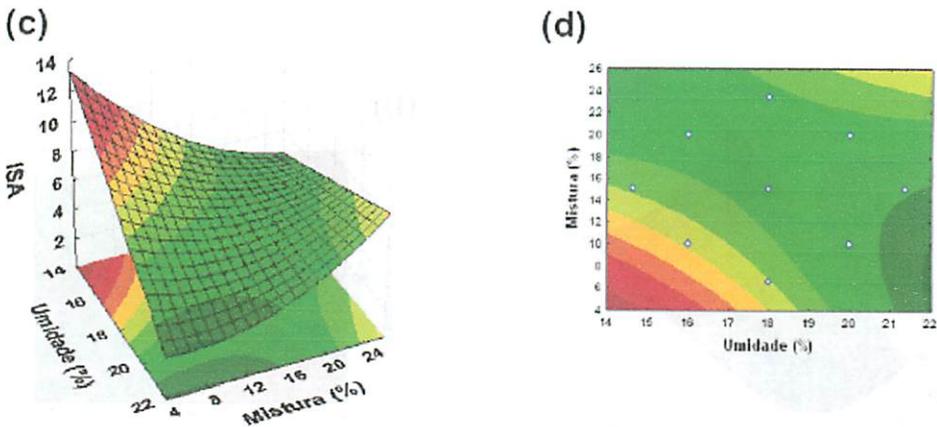
umidade, seguida de altos valores de temperatura, reduziram os valores de ISA. Anderson et al. (1969) verificaram que o ISA de milho extrusado eleva-se com o aumento da temperatura de extrusão quando a umidade da mistura é baixa (15%). No experimento destes autores, a umidade variou entre 15 a 25% e a temperatura, de 121 a 229°C. Os resultados observados pelos autores estão de acordo com o presente estudo para a mistura de farinha de arroz com pó de café.



**FIGURA 12.** Perfil de índice de solubilidade em água (ISA) em função da umidade e temperatura. (a) superfície de resposta e (b) curva de nível.

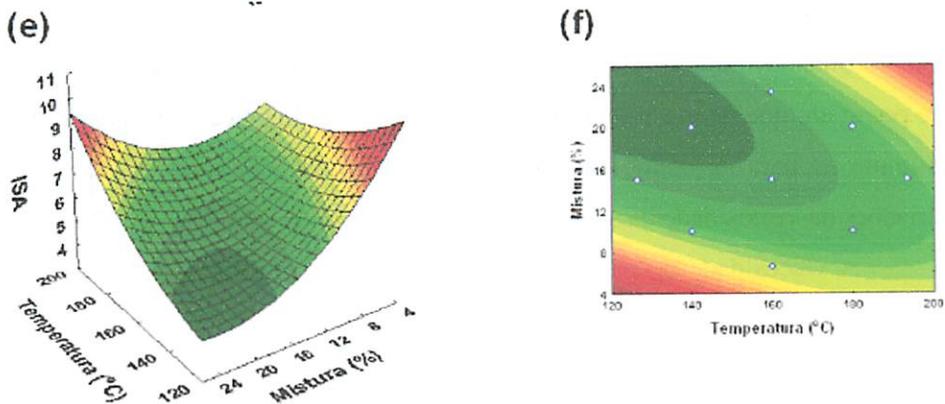
A Figura 13 mostra que a interação da variável umidade e mistura atuaram de forma positiva no aumento dos valores de ISA até certo ponto. Baixos valores de umidade (16 a 18%) e baixos percentuais de pó de café na mistura (7 a 10%) resultaram em aumento nos valores de ISA. Mendonça (2005) observou resultados semelhantes aos do presente estudo trabalhando com

extrusão de diferentes percentuais de mistura de quirera de arroz com farinha de amaranto integral. Entretanto, o maior teor de umidade (21%) na mistura apresentou os menores valores de ISA, 4,05g de gel/g de matéria seca, mostrando que esta variável afetou de forma negativa, diminuindo significativamente o valor de ISA.



**FIGURA 13.** Perfil de índice de solubilidade em água (ISA) em função da umidade e mistura. (c) superfície de resposta e (d) curva de nível.

As interações das variáveis temperatura e mistura durante o processo de extrusão e suas influências sobre o ISA estão mostrados na Figura 14.



**FIGURA 14.** Perfil de índice de solubilidade em água (ISA) em função da temperatura e mistura. (e) superfície de resposta e (f) curva de nível.

Observa-se que a interação destas variáveis foi significativa no aumento dos valores de ISA; o gráfico assinala uma superfície de resposta com uma tendência à forma uma figura geométrica (um cone) voltada para cima, indicando um aumento proporcional nos valores de ISA; ou seja, à medida que se aumenta a temperatura até um certo limite e diminui-se o percentual de pó de café na mistura, observa-se um aumento no valor de ISA. Dibós (1993), trabalhando com farinha de soja desengordurada, verificou que esse índice aumentou com a elevação da temperatura e do teor de proteínas de soja, atingindo seu valor máximo em temperaturas acima de 120°C e proteínas próximas de 25%. Souza (2003), trabalhando com extrusão de farinha de mandioca misturada com diferentes percentuais de farinha de castanha-do-brasil, verificou que o incremento do percentual de farinha de castanha na mistura diminui o ISA. Os trabalhos dos autores acima citados estão de acordo com o presente estudo.

### **3.2 Viscosidade de pasta (VP)**

Quando o amido é adicionado à água e aquecido, torna-se túrgido, até um ponto em que ocorre o rompimento do grânulo e a liberação, principalmente da amilose para o meio aquoso. Estes fenômenos são caracterizados por variações na viscosidade da suspensão.

A viscosidade de pasta das amostras foi determinada por *Rapid Visco Analyser* permitindo, assim, verificar de forma indireta o grau de cozimento das misturas pré-cozidas durante o processo de extrusão. Nos últimos anos esta técnica é a mais utilizada para caracterizar amidos e produtos a base de amido e o efeito das modificações sobre estes materiais.

No presente estudo foram avaliados três parâmetros de viscosidade de pasta: viscosidade inicial (VI); viscosidade máxima (VM) e viscosidade final (VF).

#### **3.2.1 Viscosidade Inicial (VI) a 25°C**

A viscosidade inicial, também conhecida por viscosidade de pasta a frio, indica a capacidade do alimento extrusado em absorver água a temperatura ambiente e formar uma pasta, gel ou líquido viscoso (Feniman, 2004; Fernandes et al., 2002).

Na Tabela 4 está apresentado o resultado experimental da VI a 25°C. Observa-se que a VI aumentou com uma temperatura de 140 a 160°C, umidade de 16 a 18% e menores percentuais de pó de café na mistura (7 e 10%).

Os resultados da ANOVA do modelo proposto neste experimento estão descritos na Tabela 9. Observa-se que a variação devido à regressão foi estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95% ( $p < 0,05$ ), mostrando um valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,90098, explicando, assim, 90,098% da variação total da variável resposta em torno da média; 9,902% foram atribuídos aos resíduos. Não foi evidenciada a falta de ajuste do modelo

proposto aos dados experimentais, tendo em vista que a variação por falta de ajuste não apresentou significância.

**TABELA 9.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da viscosidade inicial (VI) a 25°C dos extrusados de pó de café com farinha de arroz obtido por análise de superfície de resposta.

Fonte de variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub>
Regressão	61748,816	9	6860,980	8,088	3,388*
Resíduos	6786,128	8	848,266		
Falta de ajuste	6157,128	5	1231,426	5,873	9,013 <sup>n.s.</sup>
Erro puro	629,000	3	209,667		
Total	68534,944	17			

\* Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). **n.s.** não significativo.

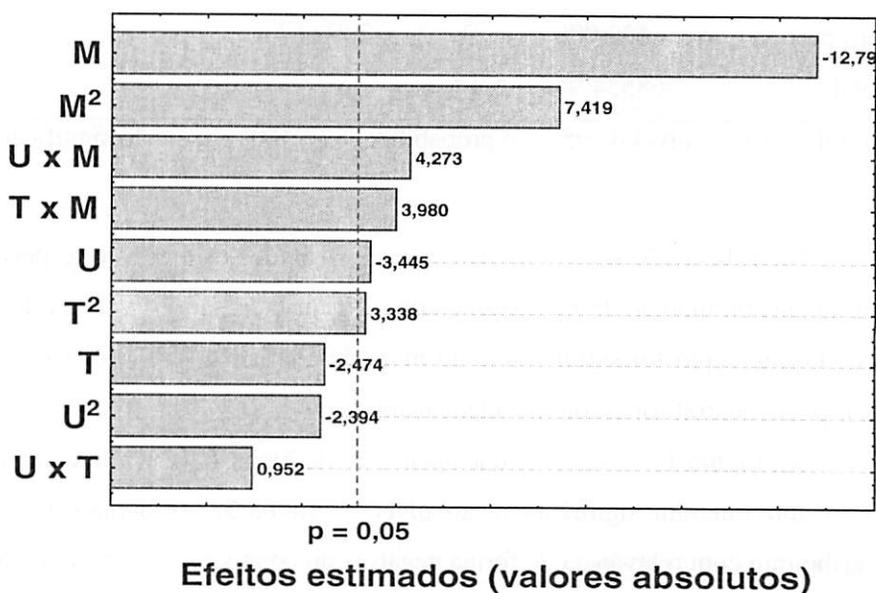
Na Tabela 5A, do Anexo A, estão apresentados os efeitos e respectivos coeficientes do modelo de regressão quadrática ajustada para os valores de VI a 25°C. O intercepto foi significativo ao nível de confiança ( $p < 0,05$ ), mostrando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

Na Figura 15 observa-se que apenas as variáveis T, U<sup>2</sup> e a interação U x T não apresentaram significância ao nível de ( $p < 0,05$ ), as demais variáveis contribuíram com relevância de forma negativa ou positiva na variação do ajuste do modelo utilizado. Neste sentido, as variáveis lineares M e U e as quadráticas M<sup>2</sup> e T<sup>2</sup> e suas respectivas interações U x M e T x M foram significativas ao nível de ( $p < 0,05$ ). Entretanto, a variável que mais afetou a VI foi a M na forma

linear negativa, indicando que a variação do valor de VI é inversamente proporcional à porcentagem do pó de café na mistura.

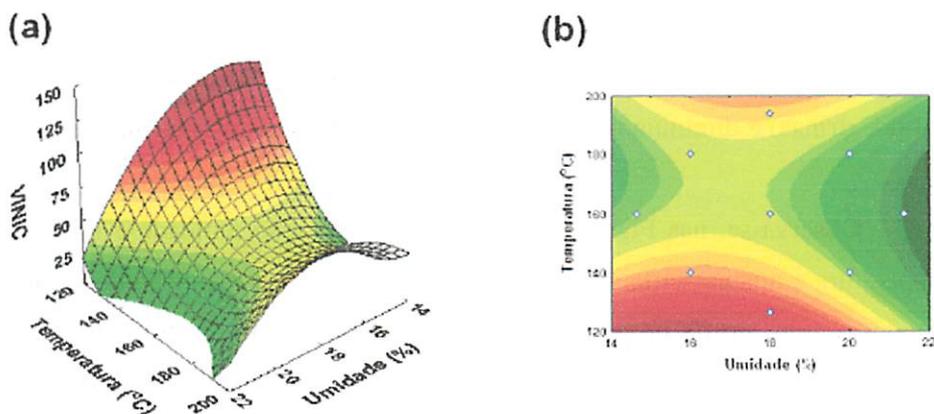
Efeitos positivos foram observados para as variáveis quadráticas  $M^2$ ,  $T^2$  e suas interações  $U \times M$  e  $T \times M$ . A influência positiva da  $M^2$  foi a que apresentou maior magnitude, indicando, assim, que a variação no valor de VI a 25°C foi diretamente proporcional aos percentuais de pó de café na mistura, ou seja, quanto menor o valor de pó de café na mistura, maior o valor de viscosidade.

O diagrama de pareto, Figura 15, apresenta a estimativa dos efeitos lineares, quadráticos e a interação das variáveis independentes a 95% de probabilidade.



**FIGURA 15.** Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de viscosidade inicial (VI) dos extrusados de pó de café com farinha de arroz.

A variação da VI a 25°C da mistura extrusada do pó de café com farinha de arroz em função da umidade e temperatura está ilustrada na Figura 16.



**FIGURA 16.** Perfil da viscosidade (VI a 25°C) em função da umidade e temperatura. (a) superfície de resposta e (b) curva de nível.

Analisando a Figura 16, verifica-se que o maior valor de viscosidade inicial a 25°C foi encontrado em amostras extrusadas com umidades intermediárias entre 16 e 18% e temperaturas de 140 e 160°C, resultando em valores de 121 e 125 (cP), respectivamente. Entretanto, amostras submetidas a valores máximo e mínimo de umidade (21 e 15%) e temperatura de 160°C para ambos os tratamentos apresentaram os menores valores de viscosidade inicial, com 2 e 0 (cP). Estes resultados são semelhantes aos observados por Mendonça (2005) e Borba (2005), que observaram altos valores de VI para baixos valores de umidade e baixas temperaturas, ou com altas taxas de umidades e altas temperaturas.

Segundo Sébio (1996), o efeito da umidade na viscosidade inicial pode ser explicado pela influência do alto teor de água no meio, evitando, assim, menor ocorrência de degradação mecânica dos grânulos de amido e resultando, portanto, em altos valores de viscosidade. Entretanto, condições severas de tratamento podem resultar em degradação irreversível da estrutura granular do amido, produzindo componentes de baixo peso molecular (dextrinas e maltodextrinas) e diminuindo a capacidade de absorção e, conseqüentemente, de VI.

Observa-se, nas Figuras 17 e 18, que a interação umidade e mistura e temperatura e mistura influenciaram os valores de VI. A diminuição do valor de VI com o aumento da proporção de pó de café na mistura da formulação são atribuídos à menor quantidade de material amiláceo na amostra extrusada. Estes resultados estão de acordo com Ascheri et al. (2006) trabalhando com extrusão de farinha de arroz com casca de jabuticaba.

Quando se substitui a concentração de amido do material a ser extrusado, principalmente por um material que contenha alto teor de fibras, necessita-se de maior temperatura para formação da viscosidade de pasta inicial. As fibras não fornecem viscosidade suficiente no meio, fazendo com que a gelatinização do amido decresça (Ascheri et al., 2006; Fernández-Gutierrez et al., 2004).

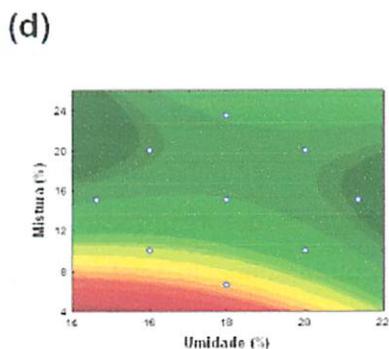
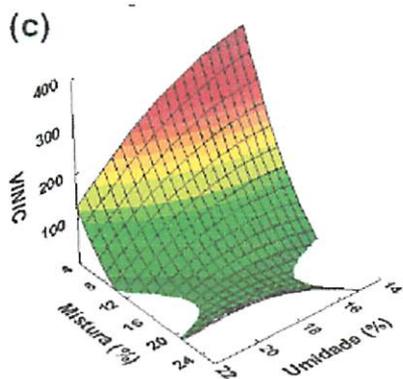


FIGURA 17. Perfil da viscosidade (VI a 25°C) em função da umidade e mistura. (c) superfície de resposta e (d) curva de nível.

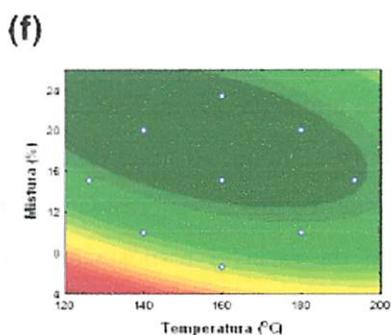
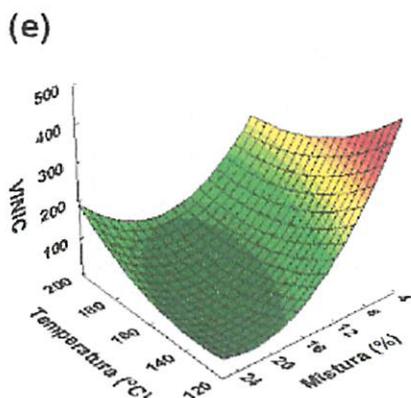


FIGURA 18. Perfil da viscosidade (VI a 25°C) em função da mistura e temperatura. (e) superfície de resposta e (f) curva de nível.

### 3.2.2 Viscosidade Máxima (VM)

A viscosidade máxima se caracteriza pelas transformações que ocorrem na estrutura granular do amido submetido ao processo de aquecimento como resultado da desorganização molecular, principalmente da amilose, que leva a um entumescimento total, gelatinização, dextrinização e absorção máxima de água pelos grânulos de amido.

A viscosidade a quente indica as possibilidades de utilização da farinha extrusada. Torna-se importante quando, por exemplo, a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que é necessário conservar a viscosidade em temperatura acima da ambiente (Torres et al., 2005).

Observa-se, na Tabela 4, que a viscosidade máxima foi obtida a uma temperatura de 140°C, 16% de umidade e 10% de pó de café na mistura, alcançando um valor de 526 cP.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) do modelo aplicado estão apresentados na Tabela 10. A variação devido à regressão foi significativa estatisticamente ao nível de confiança de 95% ( $p < 0,05$ ), apresentando um valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8307, explicando 83,07% da variação total da variável resposta em torno da média e 16,593% são atribuídos aos resíduos. Não houve ajuste do modelo aos dados experimentais, uma vez que a variação devido à falta de ajuste é estatisticamente significativa.

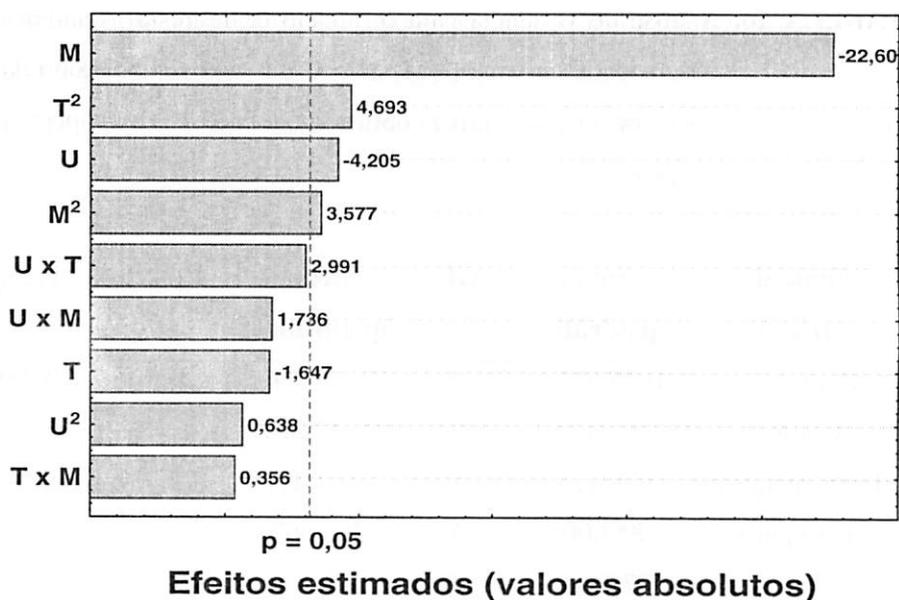
**TABELA 10.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da viscosidade máxima (VM) a 95°C dos extrusados de pó de café com farinha de arroz obtido por análise de superfície de resposta.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	163770,739	9	18196,749	4,361	3,388*
Resíduos	33378,206	8	4172,276		
Falta de ajuste	32521,206	5	6504,241	22,769	9,013*
Erro puro	857,000	3	285,667		
Total	197148,944	17			

\* Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). n.s. não significativo.

Os efeitos e coeficientes do modelo de regressão quadrática ajustada para os valores de VM a 95°C estão apresentados na Tabela 6A. Os resultados indicam que o intercepto foi significativo ao nível de ( $p < 0,05$ ), demonstrando que o ponto central foi escolhido adequadamente.

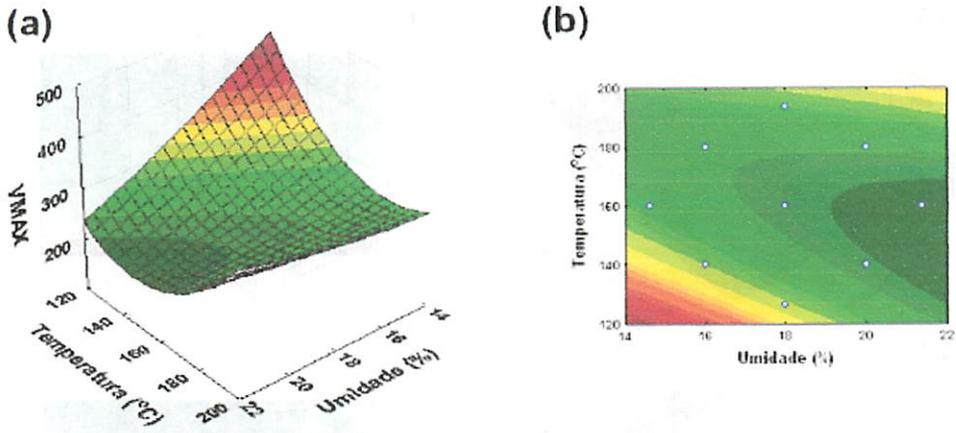
Na Figura 19 observa-se que as variáveis lineares M e U e quadráticas  $T^2$  e  $M^2$  contribuíram significativamente ( $P < 0,05$ ), apresentando efeitos negativos ou positivos na variação do ajuste do modelo. As demais variáveis não foram significativas ao nível de ( $p < 0,05$ ). A variável mistura linear apresentou o maior efeito negativo e, portanto, proporcionou o maior decréscimo no valor VM, seguida da variável umidade. Porém, as variáveis quadráticas  $T^2$  e  $M^2$  apresentaram efeitos positivos, contribuindo de maneira a proporcionar o aumento de viscosidade máxima.



**FIGURA 19.** Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de viscosidade inicial (VM) dos extrusados de pó de café e farinha de arroz.

Na Figura 20, levando-se em consideração somente a influência das variáveis umidade e temperatura, observa-se que ambas influenciaram de maneira semelhante os índices de VM, ou seja, a medida que se elevou a temperatura e umidade até um certo ponto (140 a 180°C e 16 a 20%), observa-se um aumento significativo de viscosidade máxima. Segundo Guha et al. (1998), se os tratamentos não forem tão severos, determinada porcentagem de grânulos de amido pode conservar parte de sua estrutura amilácea, apresentando um pico máximo no perfil amilográfico, o que representa o amido não gelatinizado ou parcialmente gelatinizado. Por outro lado, se o processamento de extrusão for

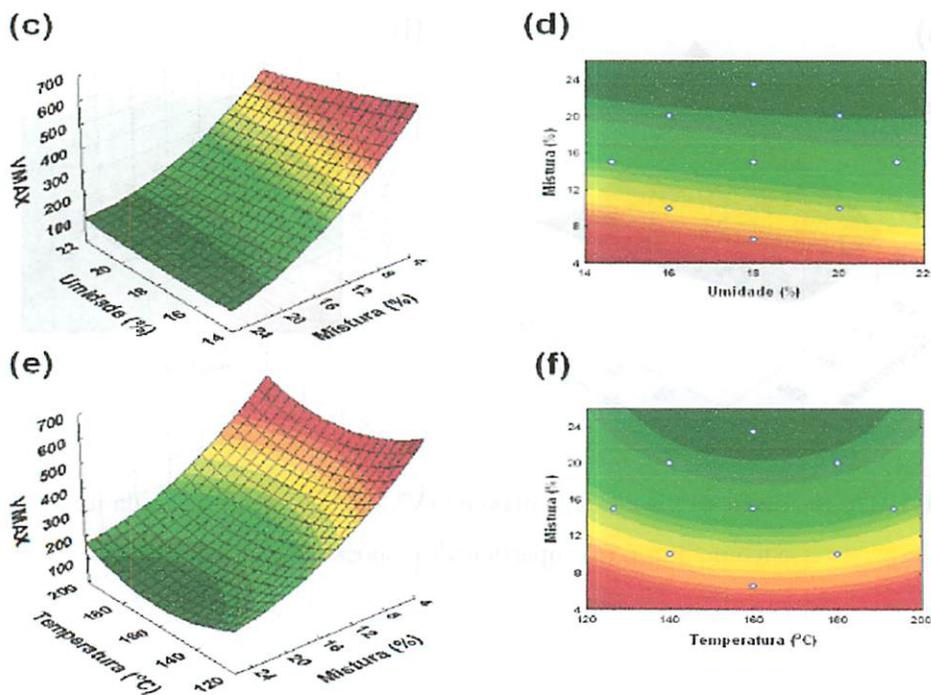
severo, a estrutura cristalina poderá ser totalmente destruída, de tal forma que no ciclo de resfriamento o perfil de viscosidade do material amiláceo pode revelar ausência de pico ou mesmo baixos valores de viscosidade (Carvalho et al., 2002).



**FIGURA 20.** Perfil da viscosidade máxima (VM a 95°C) em função da umidade e temperatura. (a) superfície de resposta e (b) curva de nível.

Na Figura 21 pode-se observar que independentemente da umidade os percentuais de pó de café na mistura, seguidos pela temperatura, foram as variáveis que mais influenciaram os valores de VM. Este comportamento pode ser atribuído ao alto teor de fibras totais observado na composição centesimal do pó de café (Capítulo 1). Assim, quanto maior a temperatura e menor percentual de fibra dietética total na mistura das farinhas extrusadas, maior será o pico de VM. Porém, quanto maior os percentuais de fibras e menor temperatura, menores serão os valores de VM. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os obtidos por Borges (2002) & Silva (2002) trabalhando

com farinhas de arroz e quinoa, Mendonça (2005) com farinha de arroz e amaranto integral e Ascheri et al. (2006) com farinha de arroz e casca de jabuticaba.



**FIGURA 21.** Perfil da viscosidade (VM a 95°C) em função da mistura, temperatura e umidade. (c) e (e) superfície de resposta. (d) e (f) curva de nível.

### 3.2.3 Viscosidade Final (VF)

Após o aquecimento, gelatinização e resfriamento dos grânulos do amido extrusados, uma das características reconhecidamente importantes na área de alimentação, principalmente durante o armazenamento, é o processo de retrogradação, fenômeno que ocorre devido ao efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, culminando na reorganização da estrutura molecular e, conseqüentemente, no aumento da viscosidade durante o processo de resfriamento.

Os resultados da viscosidade final a 50°C encontram-se na Tabela 4. Maior e menor valor de VF foram obtidos a uma temperatura de 160 e 180°C, 18 e 20% de umidade e 7 a 23% de pó de café na mistura, alcançando valores de 477 e 113 unidades centipoise (cP), respectivamente.

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados das análises de variância (ANOVA) do modelo proposto. Observa-se que a variação devido à regressão foi significativa ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), com valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,95781, o que explica 95,781% da variação total em relação a variável resposta em torno da média e somente 4,219% são atribuídos aos resíduos.

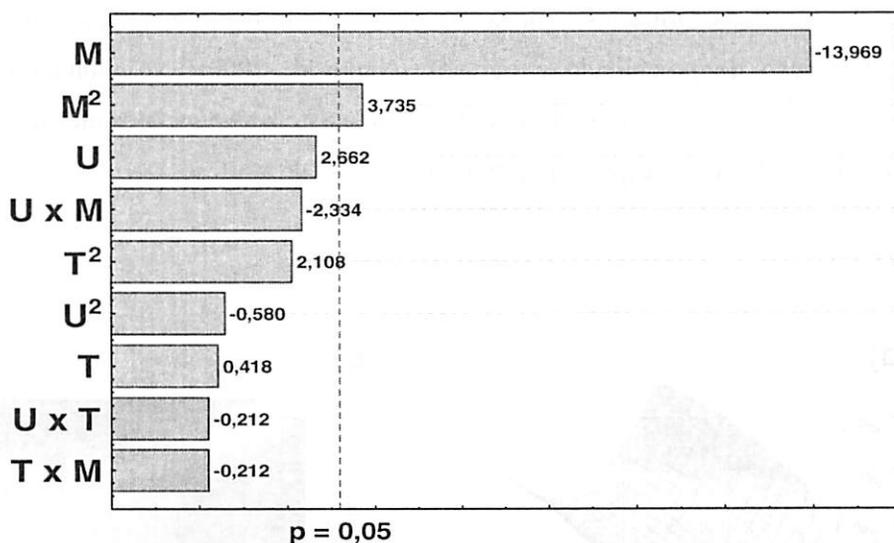
Os efeitos e coeficientes do modelo de regressão quadrática ajustada para valores de VF a 50°C estão apresentados na Tabela 7A, do anexo A. O intercepto foi significativo ao nível de ( $p < 0,05$ ), mostrando que o ponto central foi escolhido de maneira correta.

**TABELA 11.** Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da viscosidade final (VF) dos extrusados de pó de café com farinha de arroz obtido por análise de superfície de resposta.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	160934,813	9	17881,646	20,180	3,388*
Resíduos	7088,965	8	886,121		
Falta de ajuste	4956,965	5	991,393	1,395	9,013 <sup>n.s.</sup>
Erro puro	2132,000	3	710,667		
Total	160934,813	9	17881,646	20,180	

\* Significativo ao nível de 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). **n.s.** não significativo.

Os resultados apresentados na Figura 22 mostram que apenas as misturas na sua forma linear (M) e quadrática (M<sup>2</sup>) apresentaram-se significativas ao nível ( $p < 0,05$ ). Todas as demais variáveis e suas interações não contribuíram para a variação do ajuste do modelo utilizado.

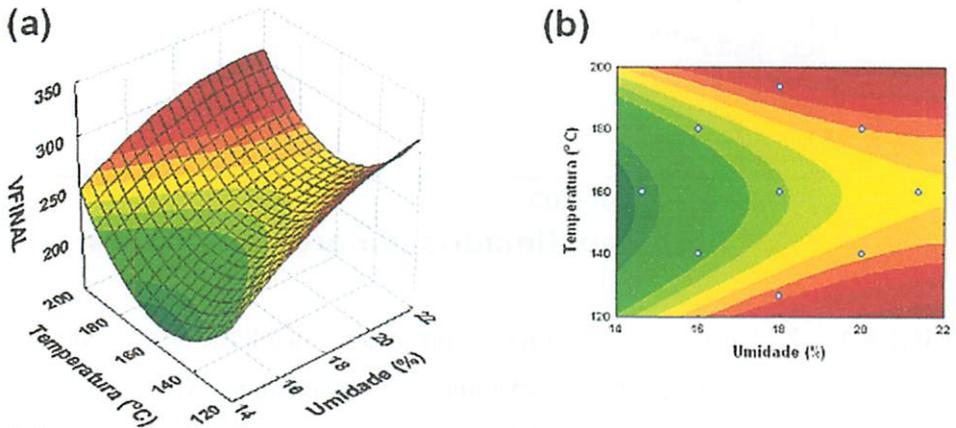


### Efeitos estimados (valores absolutos)

**FIGURA 22.** Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de viscosidade final (VF) a 50°C dos extrusados de pó de café com farinha de arroz.

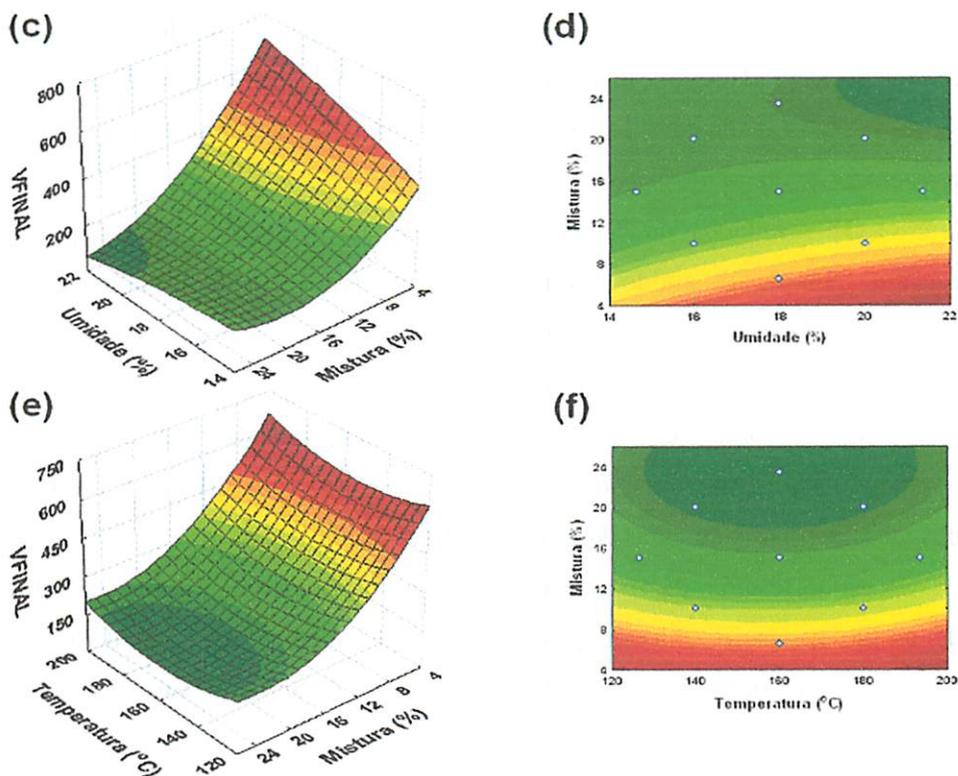
A Figura 23 mostra que a interação das variáveis umidade e temperatura influenciou de maneira semelhante os valores de viscosidade final. Entretanto, a umidade apresentou maior influência na elevação da VF no momento da retrogradação do amido a 50°C de temperatura. Sendo assim, teores de umidades de 16 e 18% e temperaturas de 160 e 180°C contribuíram de forma positiva para aumentar os valores de VF. Estas observações também foram realizadas por Borges (2005) e Whalen et al. (1997). Segundo Carvalho (2000), 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 através da formação de novas ligações de hidrogênio, resultando, assim, na formação de precipitado e ou géis (Gutkoski, 2000). No momento da reorganização da estrutura molecular do amido existe a tendência da elevação da viscosidade devido à reaproximação das moléculas de amilose.



**FIGURA 23.** Perfil da viscosidade final (VF a 50°C) em função da umidade e temperatura. (a) superfície de resposta e (b) curva de nível.

Na Figura 24, teores de umidade entre 18 e 20% e da temperatura de 160° e 180°C, com seus dois extremos de maior e menor percentual de pó de café na mistura com farinha de arroz (7 e 23%), contribuíram intensivamente na redução da VF a 50°C, apresentando valores de 477 e 113 unidades cP. Estes resultados estão de acordo com Ascheri et al. (2006) trabalhando com adição de diferentes percentuais de farinha de jabuticaba na mistura com farinha de arroz. As mesmas observações também foram evidenciadas por Maia et al. (1999) utilizando farinha de trigo e casca de soja.



**FIGURA 24.** Perfil da viscosidade (VF a 50°C) em função da mistura, umidade e temperatura. (c) e (e) superfície de resposta. (d) e (f) curva de nível.

Se alimentos que contêm altos teores de amido forem submetidos a tratamentos severos, com alta dextrinização da estrutura granular, o resultado será a formação de compostos de baixo peso molecular, principalmente dextrinas e maltodextrinas, podendo este resultado ser irreversível na organização do amido. Entretanto, quando o conteúdo amiláceo não for totalmente degradado, existe a tendência da reaproximação das moléculas entre

organização do amido. Entretanto, quando o conteúdo amiláceo não for totalmente degradado, existe a tendência da reaproximação das moléculas entre si, resultando no aumento da viscosidade final e, conseqüentemente, no grau de retrogradação do amido.

Os resultados da Tabela 4 mostram que ocorreu retrogradação da estrutura granular do amido de arroz na mistura, tendo em vista que os valores da viscosidade inicial foram bem mais baixos que o da viscosidade final. Entretanto, com o aumento da porcentagem de pó de café na mistura, esses valores de VF foram bem mais baixos. Os resultados encontrados no presente trabalho concordam com Borges (2002), Maia (2000) e Mendonça (2005), pesquisando outras misturas de farinhas extrusadas.

O decréscimo da viscosidade final foi em virtude da diminuição no teor de amido no meio, causada pelo aumento de fibras e açúcares devido ao incremento do pó de café na mistura. Ilo et al. (1999) também observaram resultados semelhantes ao do presente estudo.

## 4. CONCLUSÕES

- As farinhas pré-cozidas elaboradas com pó de café e arroz, apresentam bons índices de absorção e solubilidade, permitindo assim, a produção de biscoitos e bolos entre outros produtos da panificação;
- O alto teor de fibras, proteínas, lipídeos e cinzas presentes no pó de café influencia negativamente as propriedades tecnológicas das misturas elaboradas com arroz, porém isto não impede o seu uso como farinha pré-cozida.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E. Parâmetros de extrusão para produção de “snacks” de farinha de cará (*Dioscorea alata*). Campinas, **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 32-38, jan./abr. 2002.
- ALVIM, I. D. **Efeito da extrusão termoplástica sobre as propriedades funcionais e nutricionais de farinhas à base de milho, caseína e derivados de levedura**. 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN, JR. E. L. Geletinization of corn grits by rool and estrusion cooking. **Cereal Science Today**, St Paul, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T. de; CARVALHO, C. W. P. de; ASCHERI, J. L. R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: Efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 115-144 jan./jun. 2006.
- BORBA, A. M. **Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicos e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce**. 2005. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- BORGES, J. T. da S. **Elaboração de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e farinha de arroz (*Oriza Sativa*, L) utilizando o processo de extrusão termoplástica**. 2002. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BORGES, J. T. da S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E. N. do.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, jul./dez. 2003.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building with response surface**. New York: J. Wiley, 1987. 669 p.

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

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

CARDOSO, F. N. **Efeito de algumas variáveis no processo de extrusão e nas características funcionais da farinha de feijão comum**. 1993. 128 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CARVALHO, R. V. **Formulações de *snacks* de terceira geração por extrusão: caracterização texturométrica e microestrutural**. 2000. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; FRANCO, C. M. L. Usos de amido e seus derivados na produção de salgadinhos extrusados (*snacks*). In: CEREDA, M.; VILPOUX, O. **Culturas de tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v. 3, cap. 6. p.132-143.

CÉSPEDES, M. A. L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja: modificações das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar**. 1999. 163 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Campinas, Campinas.

CHÁVEZ-JÁUREGUI, R. N. **Produção e Avaliação Sensorial de alimento expandido pela extrusão termoplástica de amaranto (*Amaranthus caudatus*, L)**. 1999. 125 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHIANG, B. Y.; JOHNSON, J. A. Gelatinization of the starch in extruded products, **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 54, n. 3, p. 436-443, May/June 1977.

DIBÓS, A. E. L. **Efeito da temperatura de extrusão e do teor de proteínas da farinha de soja desengordurada na qualidade do macarrão instantâneo de arroz.** 1993. 130 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Campinas, Campinas.

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R.C.; SEIB, P.A. Functionability of grain components in extrusion. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 27, n. 5, p. 212-216, May 1982.

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. Tese (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERNANDES, M. dos S. **Misturas de canjiquinha e soja (80:20) e 70:30): extrusão, características tecnológicas e aplicações em alimentos.** 2002. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FERNANDEZ-GUTIÉRREZ, J. A.; SAN, MARTINEZ-MARTINEZ, E.; MARTINEZ-BUSTOS, F; CRUZ-OREA, A. Physicochemical properties of casein-starch interaction obtained by extrusion process. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 56, n. 5, p. 190-198, May 2004.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effects of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behavior of rice extrudate. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 259-266, June 1998.

GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade.** 1997. 241 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GUTKOSKI, L. C. Extrusão de produtos de aveia. In: GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento.** São Paulo: Varela, 2000. cap. 7, p. 103-169.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Lebensmittel- Wissenschaft Und Technologie**, London, v. 32, n. 2, p.79-88, 1999.

JELTEMA, M. A.; ZABIK, M. E.; THIEL, L. J. Prediction of cookie quality from dietary fiber components. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 60, n. 3, p. 227-230, 1983.

LUSAS, E.; RIAZ, M. An introduction to extruders and extrusion principles. **Extrusion Communiqué**, Paris, v. 7, n. 4, p. 9-34, 1994.

MAIA, L. H. **Características químicas e propriedades funcionais do mingau desidratado de arroz e soja e, propriedades reológicas e sensoriais deste mingau reconstituído**. 2000. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MAIA, L. H.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L.C.; FERNANDES, M. S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 391-396, set./dez. 1999.

MENDONÇA, X. M. F. D. **A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto**. 2005. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MILLER, R. C. Low moisture extrusion: effects of cooking moisture on products characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n. 1, p. 249-253, Jan./Feb. 1985.

OWUSU-ANSAH, J.; VAN DER VOORT, F. R.; STANLEY, D. W. Physicochemical changes in corn starch as a function of extrusion variables. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 60, n. 4, p. 319-324, July/Aug. 1983.

RAMIREZ, J. L. A.; WANDERLEI, C. Efecto de los Parámetros de Extrusión, Características de Pasta y Textura de Pellets (Snacks de Tercera Geración) producidos a partir de Trigo y Maiz. **Alimentaria**, Madrid, p. 93-98, Ene./Feb. 1997.

SEBIO, L. **Efeito de alguns Parâmetros Operacionais de Extrusão nas Propriedades Físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. 1996. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

STATSOFT. **Statistica for Windows** (computer program manual). Tulsa, OK, 1996. 1CD-ROM.

SILVA, V. L. M. da. **Efeitos das variáveis de extrusão nas características físicas, químicas, sensoriais e nutricionais da farinha instantânea de misturas de farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e farinha de arroz (*Oriza Sativa*, L).** 2002. 175 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SING, N.; SEKHON, K. S.; NAGI, H. P. S. Effect of temperature on the extrusion behaviour of flour from sound and sprouted wheat. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 31, n. 3, p. 233-235, 1994.

SOUZA, M. L. de. **Processamento de cereais matinais extrusados de castanha-do-brasil com mandioca.** 2003. 191 p. (Tese de (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

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 do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 273-290, jul./dez. 2005.

WHALEN, P. J.; BASON, M. L.; BOOTH, R. I.; WALKER, C. E.; WILLIAMS, P. J. measurement of extrusion effects by viscosity profile using the rapid viscoanalyser, **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 42, n. 6, p. 469-475, June 1997.

## **CAPITULO IV**

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E ACEITABILIDADE DE BISCOITOS E BOLOS À BASE DE ARROZ E CAFÉ**

## RESUMO

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Características químicas e aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz e café.** 2006. 166 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade química e sensorial de farinhas extrusadas obtidas da mistura de arroz com pó de café (15 e 20%) e de seus derivados, biscoitos e bolos elaborados a partir da adição de 20 e 30% da farinha pré-cozida na mistura da massa (trigo). Os resultados obtidos mostram que as farinhas extrusadas apresentaram maior granulometria que a farinha de trigo. A farinha mista pré-cozida de arroz com pó de café foi utilizada como ingrediente na elaboração de bolos e biscoitos; a farinha pré-cozida contendo 15 e 20% de pó de café apresentou teores de proteínas, carboidratos, fibra alimentar e valor calórico superiores ao da farinha de arroz; os biscoitos e bolos elaborados com esta mistura apresentaram altos valores de lipídios devido à adição de manteiga, ovos e gordura hidrogenada na sua formulação. As cinzas totais apresentaram teores semelhantes tanto nas farinhas extrusadas quanto nos seus derivados. Não houve diferença significativa entre as amostras tratadas com 15 e 20% de farinha pré-cozida quanto à preferência sensorial em alguns atributos avaliados em bolos. Os biscoitos elaborados com a farinha pré-cozida com 15% de pó de café na mistura com arroz apresentaram maior preferência para aroma e textura ao serem comparados com aqueles com 20%.

---

\* Comitê Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); José Luis Ramirez Ascheri (Co-orientador) – EMBRAPA.

## ABSTRACT

SILVA, Reginaldo Ferreira da. **Chemical characteristics and acceptability of biscuits and cakes based on rice and coffee.** 2006. 166 p. Thesis (Doctorate in Food Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

The objective of the present work was to evaluate the chemical and sensorial characteristics of extruded flours obtained from the mixture of rice with coffee powder (15 and 20%) of their derivatives, biscuits and cakes manufactured from the addition of 20 and 30% of pre-cooked flour in the mixture of the dough (wheat). The results obtained show that the extruded flours presented particle size larger than wheat flour. The pre-cooked mixed flour of rice with coffee powder was utilized as a an ingredient in the making of cakes and biscuits; the pre-cooked flour containing 15 and 20% of coffee powder presented contents of proteins, carbohydrates, food fiber and caloric value superior to the ones of rice flour; the biscuits and cakes made with this mixture presented high values of lipids due to the addition of butter, eggs and hydrogenated fat in its formulation. Total ashes presented contents similar both in extruded flours and in their derivatives. There were no significant differences among the samples treated with 15 and 20% of pore-cooked flour as to the sensorial preference in some attributes evaluated in cakes. The biscuits made with pre-cooked flour with 15% of coffee powder in the mixture with rice presented greater preference fro aroma and texture in being compared with those with 20%.

---

\* Guidance Committee: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA (Adviser); Jose Luiz Ramirez Ascheri (Co-Adviser) – EMBRAPA.

# 1 INTRODUÇÃO

O cozimento por extrusão de alimentos amiláceos é um processo que permite a obtenção de grande variedade de produtos e tem adquirido, ao longo do tempo, uma larga aplicação industrial no preparo de vários alimentos prontos e semi-prontos, tais como cereais matinais, *snacks*, farinhas pré-gelatinizadas, bebidas lácteas e instantâneas, sopas, alimentos enriquecidos com proteínas, proteínas texturizadas, alimentos infantis, massas e pastas, biscoitos, goma de mascar e outros (Ascheri, 1994; Borges, 2002).

O crescimento do mercado dos alimentos extrusados ou de conveniência encontra-se em franca expansão no mundo inteiro (Zelaya, 2000). Entretanto, o conhecimento das características físico-químicas desses produtos é de grande importância para os consumidores que não têm tempo para fazer uma refeição adequada, mas se preocupam com nutrição e saúde. Pois é exatamente esse consumidor apressado, preocupado com a família, que procura alimentos de preparo rápido e saudável de baixa caloria, rico em fibras e com melhor digestibilidade de proteínas, entre outros aspectos.

Por outro lado, a análise sensorial é reconhecidamente um importante instrumento de determinação da viabilidade ou da aceitabilidade de um produto alimentício. Suas aplicações para a indústria são inúmeras, destacando-se, entre elas, o desenvolvimento e o melhoramento de produtos, o controle de qualidade, a estabilidade no armazenamento, a seleção de novas fontes de suprimento, a elaboração de novos produtos e a redução de custos, entre outros (Institute of Food Technologists, 1981). Por meio da análise sensorial é possível medir, analisar e interpretar reações características dos alimentos e outros produtos quando estes são submetidos à percepção dos órgãos do sentido humano (visão,

olfato, gosto, tato e audição) (IFT, 1975, citado por Institute of Food Technologists, 1981).

Também por meio da análise sensorial pode-se prever ou não a viabilidade da adequação tecnológica utilizada na elaboração de um alimento. Entretanto, em alimentos extrusados, as interações entre as variáveis dependentes e independentes são tão complexas que é impossível diferenciar individualmente as influências dessas variáveis nas mudanças que podem ocorrer nas características do produto final (Della Modesta, 2006). Em bebidas solúveis ou instantâneas, parâmetros como absorção, solubilidade e viscosidade são considerados atributos sensoriais importantes para se obter o sucesso desejado. Por outro lado, parâmetros como aparência, textura e crocância, entre outros, são desejados em produtos sólidos como *snacks*, *pellets*, biscoitos, bolos etc.

Tendo em vista a importância da composição físico-química, bem como da análise sensorial para prever ou não a aceitabilidade de um novo produto alimentício, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição nutricional de farinhas mista pré-cozidas e de seus derivados, biscoitos e bolos, elaborados a partir da extrusão do pó de café com farinha de arroz e averiguar sua aceitabilidade pelo consumidor.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Classificação granulométrica.

Após o processo de extrusão, as amostras que apresentaram os melhores parâmetros tecnológicos de índice de absorção e solubilidade em água, tratamentos (T7 e T13) com base nos percentuais de pó de café na mistura (15 e 20%), foram moídas em peneira de 0,5mm.

Para determinar o tamanho das partículas das farinhas pré-cozidas (T7 e T13) foi utilizado um agitador de peneiras modelo RO-TAP. Foram peneirados 100g de cada amostra durante 10 minutos, num conjunto de sete peneiras arredondadas, com aberturas de malhas variando de 20; 40; 60; 80; 100; 150; 200 *mesh* e uma base. Em seguida, os conteúdos retidos em cada peneira foram pesados e expressos em porcentagens de retenção, seguindo o procedimento padrão descrito por Germani et al. (1997).

### 2.2. Análises químicas

As análises de composição química foram realizadas em triplicatas, segundo as normas elaboradas pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000) e American Association of Cereal Chemists – AACC (1995), nos Laboratórios de Análises Física e Química da Embrapa Agroindústria de Alimentos- RJ.

As cinzas foram determinadas por incineração do material em mufla a 550°C, segundo a metodologia da AOAC (2000), método 923.03, e representa o teor total de substâncias inorgânicas presentes na amostra.

O teor de nitrogênio total da amostra foi determinado pelo procedimento do Kjeldahl tradicional, segundo a metodologia da AACC (1995), método 46-

13. Para o cálculo da proteína bruta, multiplicou-se o fator nitrogênio (N) por 6,25 para as farinhas mistas pré-cozidas.

O extrato etéreo foi determinado utilizando-se o extrator Soxhlet, segundo a metodologia da AOAC (2000), método 945.38. Por esse método, o teor de lipídeo foi obtido por meio da extração com solvente orgânico, éter de petróleo, seguido da remoção por evaporação do solvente.

O teor de fibra bruta foi determinado de acordo com o procedimento descrito pela AOAC (2000), método 978.10.

Os carboidratos totais ou fração nifext (fração livre de nitrogênio) foram determinados pela diferença entre a massa seca total (100%) e a soma das porcentagens determinadas de proteína, extrato etéreo, cinzas e fibras. A fração livre de nitrogênio representa a concentração de carboidratos totais, excluindo-se a fibra alimentar.

O valor calórico foi determinado, a partir dos dados de composição química, usando os fatores de conversão de Atwater de 4kcal/100g para carboidratos e proteínas e 9kcal/100g para lipídeos segundo Anderson et al. (1988).

O perfil de aminoácidos foi determinado em aparelho marca DIONEX, modelo DX 300, após hidrólise ácida. Para a hidrólise, pesou-se em triplicata quantidade de amostra contendo aproximadamente 25mg de proteína, as quais foram processadas seguindo as recomendações gerais de Spackman et al. (1958).

### **2.3 Análise sensorial**

Foram utilizadas farinhas pré-cozidas, formuladas a partir de misturas de pó de café com farinha de arroz, processadas por extrusão termoplástica, descrita no Capítulo 3.

Para utilização das farinhas instantâneas na elaboração de biscoitos e bolos, os seguintes critérios de escolha foram adotados: maior índice de

absorção e de solubilidade; tamanho de partículas e percentual de pó de café na mistura extrusada. Testes preliminares foram realizados com os respectivos produtos elaborados partindo de uma formulação básica para cada produto, até chegar na considerada ideal levando em consideração os seguintes aspectos sensoriais, textura, sabor, aroma e impressão global, para então serem submetidos aos testes sensoriais de preferência por um grupo de 50 provadores não treinados.

### 2.3.1 Teste de preferência

Foi realizado o teste sensorial para determinar se houve preferência entre dois tratamentos de cada produto desenvolvido (biscoitos e bolos com 15 e 20% de pó de café) à base de extrusados com parâmetros variáveis durante o processamento: umidade da mistura (%), temperatura (°C) e formulação (%).

Na Tabela 1 está apresentada a formulação utilizada na elaboração dos biscoitos e bolos.

**TABELA 1.** Ingredientes utilizados na elaboração de biscoitos e bolos à base de farinha pré-cozida de pó de café e arroz.

Ingredientes	Quantidade	
	Biscoito	Bolo
Farinha de trigo	300g	600g
Mistura pré-cozida*	200g	300g
Amido de milho	100g	100g
Açúcar	250g	900g
Ovos	-	600g
Margarina	-	350g
Leite de vaca	150mL	800 mL
Sal	2,5g	5,0g
Fermento em pó	10g	30g
Gordura	100g	-
Lecitina	5 mL	-

\*Mistura pré-cozida de arroz com pó de café

### **2.3.2 Preparo do biscoito e bolo**

Misturaram-se os ovos, o açúcar e a margarina por 2 minutos em batedeira até obter-se mistura homogênea. Adicionou-se a farinha e o leite, batendo por 2 minutos. Ao final, acrescentou-se o fermento e a massa foi batida por mais 1 minuto. Em seguida colocou-se a massa em forma previamente forrada com papel manteiga, levando-a ao forno.

O tempo de cozimento considerado como ideal para o bolo foi a temperatura de 180°C por um tempo de 40 minutos. Para o cozimento do biscoito utilizou-se uma temperatura de aproximadamente 170°C, por um tempo de 10 minutos. Ambos os alimentos foram assados em forno industrial da marca Mini Forno Hypo.

O teste sensorial foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial/Instrumental da Embrapa Agroindústria de Alimentos/RJ, em cabines individuais sob iluminação vermelha, sendo as amostras dispostas em pires branco de porcelana, servidas em bandejas de aço inoxidável. As amostras foram codificadas com números aleatórios de 3 dígitos e apresentadas aos consumidores de forma balanceada e aleatorizada. Junto com as amostras foi servida água mineral à temperatura ambiente para limpeza do palato, e a ficha do teste contendo uma escala hedônica de 9 pontos, variando de 1 - desgostei extremamente a 9 - gostei extremamente (Quadro 1). O teste de preferência foi realizado com 50 consumidores, sendo 24 homens e 26 mulheres com média de idade de 33 anos, os quais avaliaram a preferência em relação ao aroma, textura, sabor e impressão global do produto. Para verificar se existiram diferenças entre as amostras foi realizada análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Quadro 1.** Escala Hedônica utilizada no teste de aceitabilidade de biscoitos e bolos formulados com mistura pré-cozida de pó de café com arroz.

<b>Nome:</b>		<b>Sexo:</b> ( ) M - ( ) F	<b>Idade:</b>
Por favor, prove a amostra e avalie as características à direita de acordo com a escala.			
Produto:			
<b><u>CÓDIGO DA AMOSTRA:</u></b>	<b>AMOSTRA ( 1 )</b>		
9- Gostei extremamente	<b>ATRIBUTOS</b>	<b>NOTA</b>	
	Sabor		
8- Gostei muito	Aroma		
7- Gostei moderadamente	Textura		
6- Gostei ligeiramente	Impressão global		
5- Indiferente	<b>AMOSTRA ( 2 )</b>		
4- Desgostei ligeiramente	<b>ATRIBUTOS</b>	<b>NOTA</b>	
	Sabor		
3- Desgostei moderadamente	Aroma		
2- Desgostei muito	Textura		
1- Desgostei extremamente	Impressão global		

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização físico-química e sensorial

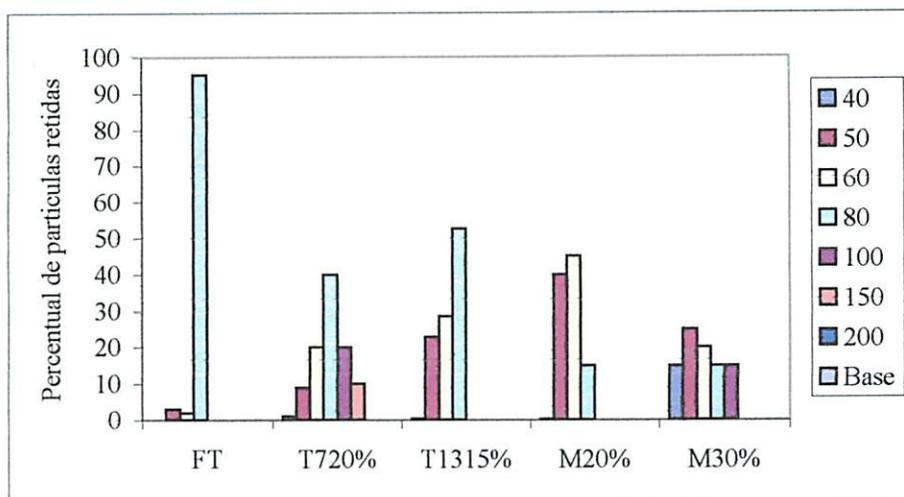
#### 3.1.2 Análise física

A característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto importante na formulação de massas alimentícias e produtos de panificação, pois uma distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto final. A absorção de água é uma característica tecnológica altamente influenciada pela granulometria da matéria-prima, com influência direta sobre as características sensoriais como aparência, sabor, textura e o tempo de cozimento das massas alimentícias (Borges et al., 2003 e Linden & Loriente, 1994).

A Figura 1 apresenta a análise granulométrica da farinha de trigo, da mistura pré-cozida de pó de café com a farinha de arroz e da mistura de ambas as matérias-primas com a farinha de trigo para elaboração dos biscoitos e bolos.

Observou-se que 95% da farinha de trigo passaram pela peneira (60 *mesh*), conforme determinação n. 354 de 18 de julho de 1996 (ABNT), para farinhas de trigo utilizadas na elaboração de bolos, apresentando menor granulometria quando comparadas com a farinha pré-cozida de pó de café com arroz. Um aumento da substituição de farinha pré-cozida em detrimento da farinha de trigo significou um aumento da granulometria da mistura, com retenção de partículas em peneiras com abertura de 40 e 60 *mesh*.

Esses resultados encontram-se de acordo com Borges et al. (2006) e Gutkoski & Pedó (2000), que elaboraram bolos a partir da mistura de diferentes concentrações de aveia com farinha de trigo.



**FIGURA 1** Distribuição (%) do tamanho de partículas da farinha de trigo, farinha extrusada de pó de café com arroz e da mistura de ambas matérias-primas.

**FT**= farinha do trigo; **T720%** e **T1315%**= Tratamentos com 20% e 15 % de pó de café na mistura; **M20%** e **M30%** = Mistura com 20 e 30% de farinha pré-cozida para elaboração dos derivados.

Segundo Pyler (1998), farinha que apresenta granulometria extremamente fina não é sinônimo de qualidade, pois misturas que possuem altos percentuais dessas partículas podem influenciar de maneira negativa a estrutura interna (miolo) dos produtos de panificação, tornando-a úmida e gomosa. No preparo de massas alimentícias, uma considerável quantidade de água é absorvida pelas proteínas que interagem de maneira positiva para a formação da rede de glúten.

### 3.1.3 Composição química

A formação de um sistema coloidal complexo envolvendo amidos, proteínas, lipídios, minerais e açúcares, dentre outros, depende da composição físico-química presente nas farinhas. Segundo Gutkoski & Neto (2002), estes componentes são responsáveis pelas características viscoelásticas consideradas importantes na elaboração de massas alimentícias.

Os resultados das análises da composição química das farinhas extrusadas da mistura de pó de café com arroz tratamentos (T7<sub>20%</sub> e T13<sub>15%</sub>) e de seus derivados (biscoito<sub>20%</sub> e bolo<sub>30%</sub>) estão apresentados na Tabela 2. Os valores médios dos teores de cada variável analisada foram expressos em g/100g de amostra.

Observou-se que as farinhas mistas pré-cozidas de pó de café com arroz os constituintes químicos (lipídios, carboidratos, cinzas, fibra bruta e o valor calórico) apresentaram valores semelhantes.

Apesar do elevado teor de proteína bruta, 15,75 e 7,32g/100g, de amostras presentes no pó de café e na farinha de arroz, antes da extrusão, estes valores não significaram aumento com o processo de extrusão, tendo em vista os teores de proteínas encontrados nas farinhas pré-cozidas, com 11,50 e 10,22g/100g de amostras, para as misturas com 20 e 15% de pó de café. No trabalho de Borges et al. (2003) também houve redução quando estes processaram farinha integral de quinoa com 17,37% de proteína e farinha de arroz polido com 7,50%. Os autores obtiveram macarrões com 11,97 e 11,05% de proteínas no produto final, resultados próximos aos observados no presente estudo. Entretanto, os teores de proteínas totais dos biscoitos e bolos apresentaram redução significativa quando comparados com as farinhas extrusadas; esta redução de proteínas pode ser atribuída ao baixo percentual de farinha pré-cozida utilizada na formulação dos biscoitos e bolos (20 a 30%) do total da massa formulada com trigo.

**TABELA 2** Resultados da análise de composição química realizada na mistura pré-cozida de farinha de arroz com pó de café (15 e 20%) e nos derivados (biscoitos e bolos: 20% e 30%), expressos em (g/100g) de amostra.

Composição em (g/100g) <sup>1</sup>	FPCA		Derivados	
	T7 <sub>20%</sub>	T13 <sub>15%</sub>	Biscoito <sub>20%</sub>	Bolo <sub>30%</sub>
Lipídeos	1,00±0,3	0,80±0,6	7,62±0,1	8,40±0,02
Proteína bruta	11,50±0,4	10,22±0,3	7,62±0,4	7,88±0,05
Carboidratos totais*	80,22±0,5	81,00±0,5	75,65±0,0	76,05±0,1
Cinzas	1,27±0,01	1,04±0,8	1,39±0,01	1,49±0,01
Fibras totais	2,70±0,02	2,30±0,1	2,80±0,03	3,0±0,04
Valor calórico (Kcal)**	373,80±0,5	373,32±0,2	400,06±0,10	403,88±0,9

<sup>1</sup>Media de 3 determinações ± o desvio padrão. \*Obtidos por diferença (100-proteína-lipídeos-cinzas-fibra bruta); \*\*Valor calórico em Cal/100g (não inclui a fibra); T7 – Tratamento 7 (U=16%; T= 180°C; M= 20%); T13 – Tratamento 13 (U=15%; T= 160°C; M= 15%). FPCA= Farinha pré-cozida de pó de café com arroz.

Os teores de carboidratos totais nas farinhas pré-cozidas não apresentaram diferenças significativas entre seus valores, entretanto diminuíram nos biscoitos e bolos. Essas diferenças podem ser atribuídas à participação de determinados carboidratos nas reações de Maillard ou caramelização, que contribuem para a formação das características sensoriais de cor, aroma e sabor dos alimentos à base de amido ou carboidratos.

Os teores de lipídios apresentaram-se baixos nas farinhas pré-cozidas, com 1,0 e 0,80g/100g de amostra, quando comparados com seus derivados,

biscoitos e bolos, que apresentaram 7,62 a 8,42g/100g de amostra. Esta diferença pode ser atribuída à mistura de outros ingredientes na formulação das massas, principalmente a quantidade de margarina e ovos, que foi diferente para os dois alimentos. Os teores de cinzas das farinhas extrusadas e dos dois tipos de alimentos (biscoito e bolo) apresentaram valores próximo entre si.

Geralmente tem-se observado que as farinhas cozidas por extrusão à base de arroz polido são boas fontes energéticas, porém pobres em fibras. Entende-se por fibra alimentar a parte remanescente da porção comestível, ou de carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso (AACC, 1995). A fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e outras substâncias associadas. Segundo Camire (2001), a fibra alimentar promove efeitos fisiológicos benéficos ao ser humano, como laxativo, atenuação do colesterol sanguíneo e/ou da glicose sanguínea.

Observa-se, na Tabela 2, que os valores de fibras totais apresentaram-se elevados tanto nas farinhas como em seus derivados, variando de 2,30 a 3,0g/100g de amostra. De acordo com Dreher (1995), o alimento com teor de fibras entre 2 a 3% pode ser considerado boa fonte de fibra alimentar. Segundo o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (Portaria nº 27), o alimento sólido pode ser considerado como fonte de fibra alimentar quando apresentar 3g/100g de amostra e, para alimentos líquidos, 1,5g/100 mL; ambos devem ser considerados em base integral. Entretanto, alimentos que apresentarem o dobro desse conteúdo podem ser considerados de elevado teor de fibras (Brasil, 1998). Os teores de fibras totais presentes nas farinhas pré-cozidas, no biscoito e no bolo permitem considerar todos como alimentos que apresentam boas fontes de fibra alimentar.

Os valores calóricos das farinhas pré-cozidas, com 373,80 e 373,32 Kcal/100g, apresentaram-se menores em comparação com os seus derivados

biscoitos e bolos, com 400,06 e 403,88 Kcal/100g. Esta diferença pode ser atribuída aos ingredientes adicionados no preparo dos derivados, principalmente gorduras no biscoito e margarina no bolo, conforme Tabela 2.

Segundo Vitti et al. (1988), cereais e derivados constituem os ingredientes principais na elaboração de biscoitos e bolos normalmente acompanhados de gorduras e açúcar em grandes quantidades, sendo, por isso, inúmeras as variações possíveis entre seus componentes a partir desta mistura.

A atual legislação que regulamenta os novos Valores Diários de Referências para efeito de rotulagem de alimentos preconiza valor calórico total diário de 2.000 Kcal; carboidratos – 300/gramas/dia, devendo corresponder a 60% do valor calórico total diário recomendado; proteínas – 75 gramas/dia, correspondendo a 15% do valor calórico total diário recomendado; e fibra alimentar - 22 gramas/dia (ANVISA, 2006). Com base nas recomendações regulamentadas pela ANVISA pode-se dizer que os alimentos elaborados à base das farinhas pré-cozidas de arroz com pó de café (biscoitos e bolos) estão dentro dos limites recomendados para uma alimentação saudável.

#### **3.1.4 Perfil de aminoácidos**

Os teores de aminoácidos das misturas pré-cozidas de pó de café com arroz foram expressos em g/100g de amostra e estão apresentados na Tabela 3.

**TABELA 3** Perfil de aminoácidos das farinhas pré-cozidas da mistura de pó de café com arroz em comparação com o padrão sugerido pela FAO/WHO (1991) para crianças em idade pré-escolar, idade de 10 a 12 anos e adultos em g de aminoácidos por 100g de proteínas.

Aminoácidos*	Misturas pré-cozidas de pó de café com arroz		Materias-primas: pó de café e farinha de arroz**		FAO/WHO
	T13 15%	T7 20%	PC	FAC	
Ac. Aspártico	7,82	7,50	4,8	7,98	-
Ac. Glutâmico	15,0	15,5	9,46	14,9	-
Serina	4,5	3,8	0,79	4,8	-
Histidina	2,5	3,0	1,9	3,0	1,9
Glicina	4,4	4,9	3,05	3,1	-
Treonina	2,8 <sup>1</sup>	3,0 <sup>1</sup>	1,14 <sup>1</sup>	3,4	3,4
Alanina	5,1	5,6	2,92	4,5	-
Arginina	8,8	8,1	1,40	9,6	-
Tirosina	4,8	5,4	2,66	4,8	-
Cistina	ND	ND	ND	ND	-
Valina	5,1	5,5	3,5	5,20	3,5
Metionina	ND	ND	ND	ND	-
Fenilalanina	5,0	5,5	3,36	4,8	-
Isoleucina	3,7	4,0	2,6 <sup>1</sup>	3,7	2,8
Leucina	7,4	8,2	5,5 <sup>1</sup>	7,1	6,6
Lisina	4,0 <sup>1</sup>	3,6 <sup>1</sup>	3,9 <sup>1</sup>	1,40 <sup>1</sup>	5,8
Prolina	6,1	6,4	3,75	3,9	-
Aminoácidos totais	87,02	90	50,68	82,17	-

\*Média de 3 determinações; PC (Pó de café), FAC (Farinha de arroz crua)

<sup>1</sup>Aminoácidos limitante. (ND) = não determinado. \*\* Dados do Capítulo II, para fins comparativos.

O adequado tratamento térmico favorece o aumento do valor nutricional de produtos alimentícios devido à desnaturação de proteínas, além de melhorar as características sensoriais como sabor, cor, textura e aparência, inativar enzimas, fatores antinutricionais e microrganismos.

Observa-se, na Tabela 3, que a mistura pré-cozida do pó de café com a farinha de arroz apresentou um aumento significativo nos teores da maioria dos aminoácidos, o que contribuiu para elevar os teores de aminoácidos totais.

Quando se compara o teor dos aminoácidos totais presentes no pó de café e na farinha de arroz crua (Capítulo II), a diferença é ainda maior. Apesar do ligeiro incremento nos teores de lisina nas farinhas pré-cozidas, os valores encontrados ainda apresentam-se limitantes, quando comparados com uma proteína de referência citada pela FAO/WHO (1991), para suprir as necessidades diárias requeridas pelo organismo de crianças na idade de 2 a 5 anos e 10 a 12 anos. Entretanto, para adultos o valor se apresenta superior aos recomendados. A treonina apresenta-se limitante apenas para idade entre 2 e 5 anos.

Apesar de se tratar de um produto elaborado em condições de processamento que envolvem alta temperatura e pressão, e sabendo-se que alguns aminoácidos são altamente reativos, principalmente a lisina (Bobbio & Bobbio, 2001), sugere-se que houve efeito complementar mútuo entre o pó de café e a farinha de arroz após o pré-cozimento, contribuindo, assim, para a melhoria do valor nutricional de ambas as farinhas pré-cozidas. Segundo Sgarbiere (1996), o valor nutricional dos alimentos, como digestibilidade, biodisponibilidade de aminoácidos e valor biológico, é melhorado pela desnaturação de proteínas.

Alvim (2001), trabalhando com a extrusão da mistura de farinha à base de milho, caseína e derivados de levedura em diferentes concentrações, observaram deficiência nos valores de lisina e treonina em alguns tipos de farinhas obtidas em seu experimento em relação aos recomendados pela

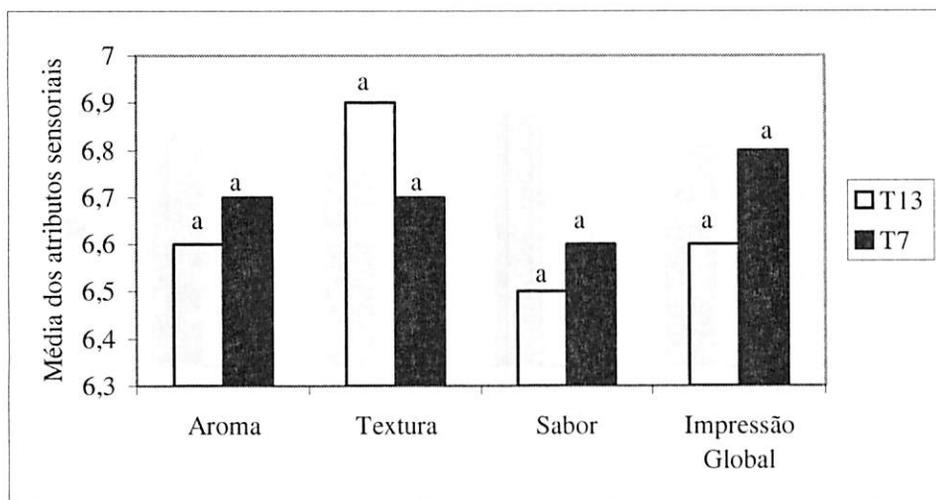
FAO/WHO. Mendonça (2005) obteve farinha instantânea a partir da mistura de amaranto integral e quirera de arroz. O autor não observou deficiência de lisina e treonina nas farinhas instantâneas obtidas da mistura destes alimentos. Porém, observou valor limitante de lisina, treonina e histidina na quirera de arroz, não sendo verificada nenhuma deficiência nos aminoácidos da farinha de quinoa integral. No presente estudo observou-se deficiência de aminoácidos no pó de café em comparação com os padrões da FAO/WHO para treonina, isoleucina, leucina e lisina. Para a farinha de arroz a maior deficiência foi observada para o aminoácido lisina. A metionina e a cisteína, considerados aminoácidos essenciais, não foram determinadas nas matérias-primas e nem nas farinhas pré-cozidas, não sendo possível fazer nenhuma consideração sobre estes constituintes.

## **3.2 Análise sensorial**

### **3.2.1 Preferência dos produtos**

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os resultados das análises sensoriais dos bolos e biscoitos elaborados com diferentes percentuais de pó de café na mistura extrusada (15 e 20%) e na massa de formulação de biscoitos e bolos (20 e 30%), respectivamente.

Observou-se, na Figura 2, que os tratamentos T13 e T7 foram iguais ao nível de  $p > 0,05$ , apresentando comportamento semelhantes para todas as características sensoriais avaliadas. Não houve diferença na preferência por bolos elaborados com 15 e 20% de pó de café na mistura pré-cozida e 20 a 30% na formulação com a farinha de trigo, o que credencia qualquer um dos tratamentos a serem utilizados na elaboração de alimentos derivados à base de café. Ambos os alimentos obtiveram médias variando de 6,5 a 6,9 localizadas entre os termos “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”.



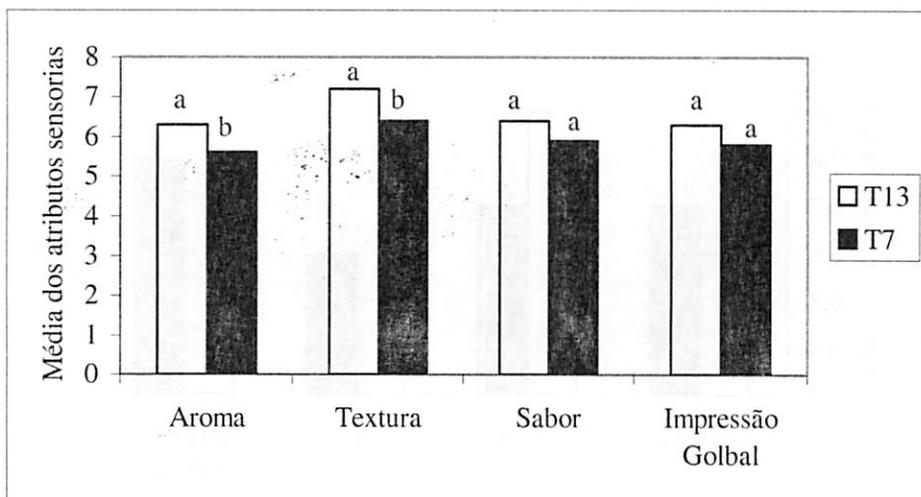
**Figura 2** – Preferência de bolos elaborados com farinha extrusada de arroz e pó de café (20 e 30%).

**T13**= Tratamento 13 (15% de umidade; 160°C; 15% de pó de café na mistura).

**T7**= (16% de umidade; 180°C; 20% de pó de café na mistura).

Existe uma regra geral para a formulação de massas adequadas em função do tipo de bolo que se pretende elaborar. Entre os critérios utilizados, um dos mais importantes é que a mistura tenha quantidade suficiente de proteínas de ovos para que, durante o forneamento, a estrutura protéica formada espalhe-se sobre os componentes da farinha. O descumprimento deste critério prejudicará a textura do bolo em função da formação de estrutura compacta e baixo volume, pois a massa apresentará fraca estrutura protéica, com conseqüente redução na retenção de gás na massa, o que também influenciará as características de aroma (Morr et al., 2003).

Na figura 3 observa-se que os biscoitos elaborados com 15% de pó de café na mistura extrusada e 20% de farinha pré-cozida na massa com o trigo apresentaram diferenças estatística entre dois dos atributos sensoriais analisados, ou seja, preferência por aroma e textura.



**Figura 3** – Preferência de biscoitos elaborados com farinha extrusada de arroz e pó de café (20 e 30%).

**T13**= Tratamento 13 (15% de umidade; 160°C; 15% de pó de café na mistura).

**T7**= (16% de umidade; 180°C; 20% de pó de café na mistura).

Segundo Sultan (1986) e Vitti (1988), os ingredientes adicionados em bolos e biscoitos podem ser classificados em materiais de estrutura ou de endurecimento (farinha, sal, leite, água e ovos) e de amaciamento (açúcar, gordura e fermento), dependendo da sua ação no produto acabado. Na mistura, ainda podem ser adicionados farinha de aveia, de soja e de milho, além de uva, passas, tâmaras e outros como materiais de endurecimento.

Provavelmente, as condições de extrusão do tratamento T13, menor teor de pó de café (15%), menor percentual de umidade (15%) e uma temperatura de extrusão de (160°C) causaram menor degradação das moléculas responsáveis pelo aroma do pó de café, aumentando, assim, a permanência de gases voláteis na estrutura da massa dos biscoitos após o forneamento por proporcionarem uma estrutura mais compacta em relação ao bolo e, conseqüentemente, diminuída volatilização desses gases que propiciaram melhores características de aroma.

Já a preferência por textura pode ter sido influenciada pelo tamanho de partículas mais uniforme, tendo em vista que as mesmas apresentaram-se mais homogêneas, com maior percentual de partículas retidas em peneiras de menores aberturas (40 e 60 *mesh*). A menor quantidade de pó de café na mistura extrusada, e conseqüentemente menor teor de fibras, provavelmente influenciou de forma positiva, pois os biscoitos apresentaram-se ligeiramente crocantes, sendo esta uma das características sensoriais consideradas de grande importância quando se trabalha na produção deste tipo de alimento. Neste tratamento, a proporção de pó de café e farinha de arroz foi de 15%:75%, ou seja, 150g de pó de café para 750g de farinha de arroz. Menor quantidade da farinha pré-cozida também foi adicionada na mistura para elaboração do biscoito de 200g em relação ao bolo que foi de 300g. As médias obtidas para o termo aroma (6,3) e textura (7,2) localizam-se entre “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”.

## 4 CONCLUSÕES

- A farinha pré-cozida de pó de café com arroz pode ser utilizada como ingrediente na mistura de bolos, biscoitos e outros produtos alimentícios em até 30%.
- As farinhas pré-cozidas apresentaram melhores valores nutricionais quando comparadas com suas matérias-primas.
- A utilização do pó de café como farinha pré-cozida (15-20%) com o arroz permite a elaboração de produtos panificáveis com características sensoriais que lembram o aroma e sabor do café;
- Biscoitos elaborados com farinha pré-cozidas de arroz com 15% de pó de café na mistura resultam em textura e aroma de boa aceitabilidade.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, I. D. **Efeito da extrusão termoplástica sobre as propriedades funcionais e nutricionais de farinhas à base de milho, caseína e derivados de levedura.** 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** 8. ed. St. Paul, 1995.

ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. **Nutrição.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. Cap. 10, p. 179-187.

ANVISA. Resolução n. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 dez. 2003. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word=>>>. Acesso em: out. 2006.

ASCHERI, J. L. R. **Efeito das variáveis de extrusão nas características físicas e químicas de produtos intermediários (half-products).** 1994. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemists.** 17. ed. Washington, 2000.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos.** 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 90.

BORGES, J. T. da 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. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BORGES, J. T. da S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E. N. do.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, jul./dez. 2003.

BORGES, J. T. da S.; PIROZI, M. R.; LUCIA, S. M. D.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. R. F.; CASTRO, V. C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 145-162, jan./jun. 2006.

BRASIL. Portaria n. 27 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <<http://e-ligis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em: 10 out. 2006.

CAMIRE, M. E. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 46, n. 3, p. 112-124, Mar. 2001.

DREHER, M. L. Food industry perspective: functional properties and food uses of dietary fiber, In: KRITCHEVSKY, D.; BONFIELD, C. (Ed). **Dietary fiber in health & disease**. Minnesota: Eagan Press, 1995. p. 467-474.

FAO/WHO, G. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. **Protein quality evaluation: report of joint FAO/WHO expert consultation**. Rome, 1991.

GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; CARVALHO, J. L. V. de. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo**. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA, 1997. 84 p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, n. 28).

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedure to laboratorial test of bread making: from bread type. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 873-879, set./out. 2002.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia**: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000. 96 p.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **Food Technology**, Chicago, v.11, p.50-59, 1981.

IWUOHA, C. I.; NWAKANMA, M. I. Density and viscosity of cold flour pastes of cassava (*Manihot esculenta* Grantz), sweet potato (*Ipoema batatas* L. Lam.) and white yam (*Discoreia Rotundata* Poir) tuber as affected by concentration and particle size. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 97-101, Sept. 1998.

LINDEN, N. L.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza, España: Acribia, 1994. 426 p.

MENDONÇA, X. M. F. D. **A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto**. 2005. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MODESTA, R. C. D. **Avaliação sensorial de produtos extrusados**. Curso de Processos de Extrusão de Alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro, 27 a 29 de setembro de 2006. p. 60-73.

MORR, C. V.; HOFFMANN, W.; BUCHHEIM, W. Use of applied air pressure to improve the baking properties of whey protein isolates in angel food cakes. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, San Diego, v. 36, n. 1, p. 83-90, 2003.

PYLER, E. J. **Baking**: science & technology. 3. ed. Kansas: Sosland Publishing Company, 1988. v. 2.

SGARBIERI, V. C. **Proeínas em alimentos protéicos**: propriedades-degradações-modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SPACKMAN, D. C.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. **Analytical Biochemistry**, New York, n. 30, p. 1190-1206, 1958.

SULTAN, W. J. **Practical baking**. 4. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986. 713 p.

VITTI, P.; GARCIA, E. E. C.; OLIVEIRA, L. M. de. **Tecnologia de biscoitos**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo; Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 88 p. (Manual Técnico n. 1).

ZELAYA, M. P. O papel da adesão e de amido resistentes em **snacks** e cereais. **Food Ingredients**, São Paulo, v. 11, n. 9, p. 18-19, 2000.

## ANEXOS

**TABELA 1A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (IE) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	6,765**	6,765	25,156
U	-2,770**	-1,385	-0,066
U <sup>2</sup>	-0,625 <sup>n.s.</sup>	-0,312	-0,078
T	-2,245*	-1,122	0,132
T <sup>2</sup>	-0,922 <sup>n.s.</sup>	-0,461	-0,001
M	-3,241**	-1,621	-2,031
M <sup>2</sup>	0,326 <sup>n.s.</sup>	0,163	0,007
U x T	0,633 <sup>n.s.</sup>	0,316	0,008
U x M	1,228 <sup>n.s.</sup>	0,614	0,061
T x M	0,508 <sup>n.s.</sup>	0,254	0,003

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.

**TABELA 2A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (D) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	0,188*	0,188	1,362
Intercepto	0,081*	0,041	-0,007
U	0,004 <sup>n.s.</sup>	0,002	0,001
U <sup>2</sup>	0,029 <sup>n.s.</sup>	0,014	-0,020
T	0,036 <sup>n.s.</sup>	0,018	<0,001
T <sup>2</sup>	0,038 <sup>n.s.</sup>	0,019	0,030
M	0,047*	0,023	0,001
M <sup>2</sup>	0,028 <sup>n.s.</sup>	0,014	<0,001
U x T	-0,063*	-0,031	-0,003
U x M	0,003 <sup>n.s.</sup>	0,001	<0,001

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.

**TABELA 3A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (IAA) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	5,150*	5,150	-0,285
U	-0,228*	-0,114	0,470
U <sup>2</sup>	0,210*	0,105	0,026
T	0,100 <sup>n.s.</sup>	0,050	0,053
T <sup>2</sup>	0,143*	0,071	0,000
M	-0,691*	-0,346	-0,297
M <sup>2</sup>	0,383*	0,192	0,008
U x T	-0,608*	-0,304	-0,008
U x M	-0,343*	-0,171	-0,017
T x M	0,383*	0,191	0,002

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.

**TABELA 4A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (ISA) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	5,447*	5,447	74,366
U	-1,633*	-0,817	-2,436
U <sup>2</sup>	0,031 <sup>n.s.</sup>	0,015	0,004
T	0,402 <sup>n.s.</sup>	0,201	-0,293
T <sup>2</sup>	0,402 <sup>n.s.</sup>	0,201	0,001
M	-0,783*	-0,391	-2,676
M <sup>2</sup>	0,699*	0,350	0,014
U x T	0,335 <sup>n.s.</sup>	0,168	0,004
U x M	1,625*	0,813	0,081
T x M	0,895*	0,448	0,004

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.

**TABELA 5A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (VI) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	33,110	33,110	2165,327
U	-26,999	-13,500	28,645
U <sup>2</sup>	-19,490 <sup>n.s.</sup>	-9,745	-2,436
T	-19,384 <sup>n.s.</sup>	-9,692	-16,606
T <sup>2</sup>	27,179	13,589	0,034
M	-100,235	-50,118	-118,246
M <sup>2</sup>	60,413	30,206	1,208
U x T	9,750 <sup>n.s.</sup>	4,875	0,122
U x M	43,750	21,875	2,187
T x M	40,750	20,375	0,204

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.

**TABELA 6A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (VM) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	229,939*	229,939	4217,434
U	-38,462*	-19,231	-123,968
U <sup>2</sup>	6,065 <sup>n.s.</sup>	3,032	0,758
T	-15,064 <sup>n.s.</sup>	-7,532	-26,580
T <sup>2</sup>	44,602*	22,301	0,056
M	-206,788*	-103,394	-63,151
M <sup>2</sup>	33,995*	16,998	0,680
U x T	35,750 <sup>n.s.</sup>	17,875	0,447
U x M	20,750 <sup>n.s.</sup>	10,375	1,037
T x M	4,250 <sup>n.s.</sup>	2,125	0,021

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.

**TABELA 7A.** Efeito das variáveis e coeficientes do modelo polinomial aplicado ao planejamento experimental em estrela sobre a variável resposta (VF) e respectivas probabilidades de erro associadas.

Variáveis	Efeitos	Coef. (dados codif.)	Coef. (dados reais)
Intercepto	227,958*	227,958	458,235
U	38,402 <sup>n.s.</sup>	19,201	89,758
U <sup>2</sup>	-8,702 <sup>n.s.</sup>	-4,351	-1,088
T	6,024 <sup>n.s.</sup>	3,012	-11,291
T <sup>2</sup>	31,603 <sup>n.s.</sup>	15,802	0,040
M	-201,536*	-100,768	-10,953
M <sup>2</sup>	55,999*	27,999	1,120
U x T	-4,000 <sup>n.s.</sup>	-2,000	-0,050
U x M	-44,000 <sup>n.s.</sup>	-22,000	-2,200
T x M	-4,000 <sup>n.s.</sup>	-2,000	-0,020

U = umidade; T = temperatura, M= mistura, Coef. = coeficiente e codif. = codificados. \* significativo ao nível de 95% de confiança; \*\* significativo ao nível de 99% de confiança, e n.s. não significativo.