

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Agroindustrial



**EFEITOS DO MÉTODO DE SECAGEM SOBRE A QUALIDADE
E O DESEMPENHO INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ
ARMAZENADOS EM AMBIENTE CONTROLADO
COM TEMPERATURA REDUZIDA**

RAFAEL DE ALMEIDA SCHIAVON
Engenheiro Agrônomo

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
2010

RAFAEL DE ALMEIDA SCHIAVON
Engenheiro Agrônomo

**EFEITOS DO MÉTODO DE SECAGEM SOBRE A QUALIDADE
E O DESEMPENHO INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ
ARMAZENADOS EM AMBIENTE CONTROLADO
COM TEMPERATURA REDUZIDA**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia Agroindustrial
da Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Ciência e
Tecnologia Agroindustrial.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Co-Orientadores: Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias
Dr. Irineu Lorini

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
2010

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

M541p Schiavon, Rafael de Almeida

Efeitos do método de secagem sobre a qualidade e o desempenho industrial de grãos de arroz armazenados em ambiente controlado com temperatura reduzida/ Rafael de Almeida Schiavon. - Pelotas, 2010.

72f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2010, Moacir Cardoso Elias, Orientador; co-orientadores Álvaro Renato Guerra Dias e Irineu Lorini.

1. Arroz 2. Método de secagem 3. Qualidade 4. Coccão 5. Insetos I. Elias, Moacir Cardoso (orientador) II. Dias, Álvaro Renato Guerra e Lorini, Irineu (co-orientadores) III. Título

CDD

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (Orientador) – DCTA – FAEM – UFPEL

Prof. Dr. Manoel Luiz Brenner de Moraes – DER – FAEM- UFPEL

Prof. Dr. Wolmer Brod Peres – DEA – FEA - UFPEL

Aos meus pais, Davi e Gilma, e
à Fernanda, minha esposa e
amor da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Moacir Cardoso Elias, pela orientação, pelo incentivo e, principalmente, pela compreensão e amizade demonstradas a todo momento.

Aos professores Álvaro Renato Guerra Dias, Pedro Luiz Antunes (in memoriam) e ao pesquisador da Embrapa Dr Irineu Lorini, pelo auxílio e pela orientação dedicada.

Ao professor Manoel Artigas Schirmer e aos demais professores do PPGCTA, aqui citados ou não, pelos conhecimentos sempre compartilhados.

A todos os colegas, bolsistas e estagiários do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, em especial a Mauricio de Oliveira, Jeferson Cunha da Rocha, Alexandra Morás, Juliane Mascarenhas Pereira, Ricardo Tadeu Paraginski, Nathan Levien Vanier e Daniel Rutz, por me suportarem, sempre estarem dispostos a ajudar e pela convivência que tivemos passamos nestes anos

Aos demais colegas e estagiários do DCTA, pelos vários ensinamentos e auxílios prestados.

À Fernanda, minha esposa, amiga e sempre companheira, pela compreensão e pelas palavras de incentivo em todos os momentos. Te amo.

Aos meus pais, Davi e Gilma, por todos os ensinamentos de vida que fizeram com que eu chegasse onde hoje estou, a minhas irmãs Greice e Amanda, e ao meu primo quase irmão Jone pela fraternidade e pelo carinho sempre demonstrado.

A DEUS, nosso Senhor Jesus Cristo, e aos santos a quem posso sempre pedir ajuda e que sempre me iluminaram para que eu superasse meus desafios.

-

“É na experiência da vida
que o homem evolui”
Harvey Spencer Lewis

RESUMO

SCHIAVON, RAFAEL de ALMEIDA. **EFEITOS DO MÉTODO DE SECAGEM SOBRE A QUALIDADE E O DESEMPENHO INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ ARMAZENADOS EM AMBIENTE CONTROLADO COM TEMPERATURA REDUZIDA.** 2010. 72f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Foram estudados efeitos do sistema de secagem e do tempo de armazenamento em temperatura reduzida, com avaliação de desempenho industrial, parâmetros de conservabilidade e qualidade de consumo, em grãos de arroz colhidos com umidade próxima a 20% e secados até 13%, em três métodos de secagem: (a) intermitente clássico, (b), intermitente escalonado e (c) por seca-aeração. Foi utilizado equipamento piloto, em escala laboratorial, dotado de resistências elétricas para o aquecimento do ar, possibilitando sua operação de forma a se obter secagem dos grãos conforme o método. No intermitente clássico, o ar teve temperaturas crescentes de $70\pm 5^{\circ}\text{C}$, $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $100\pm 5^{\circ}\text{C}$, respectivamente na 1ª, 2ª e da 3ª até a penúltima hora, havendo redução gradual da temperatura na última hora. No método intermitente escalonado, com o mesmo manejo térmico do ar do método intermitente clássico, a operação ocorreu em duas etapas: a primeira até 15 a 16% de umidade, e a segunda, secagem complementar, após 30 dias da primeira etapa, com os grãos armazenados sob resfriamento. No terceiro método, de seca-aeração, a primeira etapa foi realizada em secador de coluna com ar a 100°C nas duas câmaras e os grãos serem retirados com 15-16% de umidade e transferidos para um silo secador, ficando em repouso por 6 horas antes de ligar a aeração com ar ambiente para complementar a secagem. Depois de secados, os grãos foram armazenados em ambiente com temperatura reduzida para 17°C . No primeiro e no décimo segundo meses de armazenamento foram avaliados umidade, peso volumétrico, peso de mil

grãos, rendimento de grãos inteiros, incidência de defeitos, perfil texturométrico, perfil branquimétrico, e parâmetros de cocção, em grãos beneficiados pelos processos convencional e parboilizado. Foi também estudada a preferência de consumo do inseto *Sitophilus* sp em arroz com casca, integral e branco, colocando os mesmos em uma arena e sendo avaliado após 60 dias com contagem de insetos e consumos. Concluiu-se que: (1) os métodos de secagem intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração apresentam similaridades de efeitos nos parâmetros físicos, de desempenho industrial e de cocção, tanto para industrialização por processo convencional de arroz branco como por parboilização; (2) a parboilização e o aumento do tempo de armazenamento provocam intensificação na incidência de grãos com defeitos, na acidez do óleo e na coloração no arroz, independentemente do método de secagem utilizado; (3) os parâmetros texturométricos são afetados pelo decorrer de armazenamento e pelo processo de industrialização, independentemente do método de secagem; (4) o armazenamento em ambiente com temperaturas reduzidas preserva a qualidade do arroz por pelo menos um ano; (5) o inseto *Sitophilus* sp. tem maior preferência para sua reprodução e pelo consumo de grãos de arroz integral do que pelos grãos com casca e grãos polidos, nesta ordem.

Palavra-chave: arroz, método de secagem, qualidade, cocção e insetos.

ABSTRACT

SCHIAVON, RAFAEL de ALMEIDA. **EFFECTS OF DRYING METHODS ON THE QUALITY AND PERFORMANCE OF INDUSTRIAL GRAIN OF RICE STORED IN CONTROLLED ENVIRONMENT WITH LOW TEMPERATURE.** 2010. 72f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

We studied effects of the drying system and the storage time at low temperature, with evaluation of industrial performance and quality parameters conservability consumption in rice grains harvested with moisture content around 20% and dried up to 13% by three methods drying: (a) classic intermittent, (b) intermittently scaled and (c) by dry-airing. Going to make use of the pilot scale equipment in a laboratory scale, equipped with electric heaters to heat the air, was operated in order to obtain drying grain according to the method. In the classic intermittent air temperature had increased from $70\pm 5^{\circ}\text{C}$, $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $100\pm 5^{\circ}\text{C}$, respectively in the 1st, 2nd and 3rd hours until the penultimate, with a gradual reduction temperature in the last minute. In method intermittent scaled, with the same thermal management of method intermittent air classic, the operation took place in two stages: the first by 15-16% humidity, and the second supplementary drying, after 30 days of the first stage, the grain stored under cooling. In the third method, dry-airing, the first step was made in column dryer with air at 100°C in the two chambers and the grains were removed with 15-16% humidity and transferred to a silo dryer and rested for six hours before turning on the aeration with ambient air to supplement the drying. Once dried, the grains were stored at room temperature reduced to 17°C . In the first and twelfth months of storage were evaluated humidity, volume and weight of thousand grains, whole grain yield, incidence of defects, Texture profile, profile branquimétrico and cooking parameters in grains by conventional processes and parboiled. Was also studied consumer preference insect *Sitophilus* sp in paddy, full and white, putting

them in an arena and being evaluated after 60 days with counts of insects and consumption. It was concluded that: (1) drying methods intermittent fever, intermittent and staggered by drought-airing show similarities in the effects of physical parameters, performance industrial and cooking, both for industrialization by the conventional process like white rice by parboiling; (2) the parboiling and increased storage time cause increased incidence of grains with defects in the acidity of the oil and color in rice, irrespective of drying method used, (3) Texture parameters are affected by the ongoing storage and by the industrialization process, regardless of drying method, (4) storage in an environment with low temperatures preserves the quality of rice for at least a year, (5) the insect *Sitophilus* sp. has greater preference for their reproduction and consumption of grains of rice than the grain shell and polished grains, in that order.

Keyword: rice, drying method, quality, cooking and insects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Consumo <i>per capita</i> de arroz beneficiado no mundo e na Ásia, em Kg.(hab.ano) ⁻¹ , período entre 1990 e 2007.....	23
Figura 2	Consumo <i>per capita</i> de arroz beneficiado e em base casca no Brasil, em Kg.(hab.ano) ⁻¹ , período entre 1990 e 2007.....	23
Figura 3	Consumo per capita de arroz beneficiado nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, em Kg.(hab.ano) ⁻¹ , período entre 1990 e 2007.....	24
Figura 4	Esquema do secador de coluna.....	37
Figura 5	Silo secador.....	37
Figura 6	Representação do delineamento experimental.....	38
Figura 7	“Arena” utilizada no estudo de preferência de consumo do inseto <i>Sitophilus</i> sp.....	39
Figura 8	Isotermas de hidratação	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Evolução das exportações brasileiras de produtos agrícolas de arroz.....	21
Tabela 2	Produção mundial de arroz (base casca), safra 2008.....	22
Tabela 3	Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.....	25
Tabela 4	Umidade (%) dos grãos em casca, secados por três métodos e armazenados por doze meses sob resfriamento.....	48
Tabela 5	Peso de mil grãos (g) e peso volumétrico (g) dos grãos de arroz natural em casca, secados por três métodos e armazenados por doze meses sob resfriamento.....	49
Tabela 6	Peso de mil grãos (g) e peso volumétrico (g) dos grãos parboilizados em casca, secados pelos por métodos e armazenamento por doze meses sob resfriamento.....	49
Tabela 7	Rendimento de grãos inteiros (%) em arroz, secado por três métodos, armazenados por doze meses sob resfriamento e beneficiados pelo processo convencional de arroz branco.....	50
Tabela 8	Defeitos não metabólicos (%) e defeitos metabólicos (%) de arroz branco polido, secados pelos três métodos de secagem no período de armazenamento.....	50
Tabela 9	Rendimento de grãos inteiros (%) em arroz parboilizado, secado por três métodos e armazenados sob resfriamento.....	50
Tabela 10	Defeitos não metabólicos (%) e defeitos metabólicos (%) de arroz parboilizado, secados pelos três métodos de secagem no período de armazenamento.....	51
Tabela 11	Parâmetros do perfil branquimétrico dos grãos de arroz, secados por três métodos, armazenados sob resfriamento antes de serem beneficiados pelo processo industrial convencional do branco polido.....	53

Tabela 12	Parâmetros do perfil branquimétrico dos grãos de arroz, secados por três métodos, armazenados sob resfriamento antes de serem beneficiados pelo processo industrial de parboilização.....	53
Tabela 13	Percentagem de proteína bruta, minerais e de óleo dos grãos de arroz, secados por três métodos de secagem, armazenados e beneficiados pelo processo industrial branco polido.....	54
Tabela 14	Percentagem de proteína bruta, de minerais e de óleo dos grãos de arroz, secados por três métodos de secagem, armazenados e beneficiados pelo processo industrial parboilizado.....	55
Tabela 15	Percentagem acidez do óleo dos grãos de arroz, secados por três métodos de secagem, armazenados e beneficiados pelo processo industrial branco polido.....	55
Tabela 16	Parâmetros de cocção em grãos secados por três métodos de secagem, armazenados sob condições de refrigeração e beneficiados pelo processo industrial de arroz branco.....	56
Tabela 17	Parâmetros de cocção em grãos secados por três métodos de secagem, armazenados sob condições de refrigeração e beneficiados pelo processo industrial de parboilização.....	57
Tabela 18	Firmeza (g) e adesividade (J) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial branco polido que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.....	58
Tabela 19	Gomosidade (N), mastigabilidade (N.mm) e elasticidade (mm) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial branco polido que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.....	58
Tabela 20	Firmeza (g) e adesividade (J) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial parboilizado que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.....	58
Tabela 21	Gomosidade (N), mastigabilidade (N.mm) e elasticidade (mm) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial parboilizado que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.....	59
Tabela 22	Incidência proporcional de ataque de <i>Sitophilus</i> sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por um mês, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.....	60
Tabela 23	Incidência proporcional de ataque de <i>Sitophilus</i> sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por dose meses, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.	60

Tabela 24	Consumo por <i>Sitophilus</i> sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por um mês, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.....	60
Tabela 25	Consumo por <i>Sitophilus</i> sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por dose meses, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.....	60

SUMÁRIO

RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Produção de arroz	21
2.2 Características do grão.....	24
2.3 Princípios e aspectos operacionais da secagem.....	26
2.4 Secagem intermitente.....	27
2.5 Seca-aeração.....	29
2.6 Efeitos na qualidade dos grãos	30
2.7 Armazenamento.....	33
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Material.....	35
3.2 Métodos Experimentais.....	35
3.3 Avaliações.....	39
3.3.1 Umidade.....	39
3.3.2 Massa específica.....	39
3.3.3 Peso de mil Grãos.....	39
3.3.4 Operações de Beneficiamento Industrial.....	40
3.3.4.1 Processo Convencional.....	40
3.3.4.2 Processo Parboilizado.....	41
3.4 Desempenho Industrial.....	42
3.5 Composição Centesimal.....	42
3.5.1 Proteínas Bruta	42
3.5.2 Extrato Etéreo.....	42

3.5.3 Acidez do Extrato Etéreo.....	43
3.5.4 Cinza.....	43
3.6 Parâmetros de Cocção.....	43
3.7 Perfil texturométrico.....	45
3.8 Preferência de reprodução e consumo pelo <i>Sitophilus</i> sp.....	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5. CONCLUSÕES.....	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O arroz é o principal componente da dieta básica de grande parte da população mundial. Segundo a FAO (2008), o arroz representa 20% da fonte de energia alimentar da população do mundo, enquanto trigo fornece 19% e o milho 5%. Somente nos países asiáticos, mais de dois bilhões de habitantes têm o arroz e seus derivados como fontes de 60 a 70% das calorias ingeridas diariamente. Este cereal é, portanto, um alimento de extrema importância para a segurança alimentar no planeta. No Brasil tem seu consumo difundido em todas as classes sociais, ocupa posição de destaque tanto do ponto de vista econômico como do social.

No arroz, por ter produção sazonal, é utilizada a secagem como método de conservação. Entretanto, cada vez mais a produtividade vem crescendo, em consequência do grande incremento de tecnologias na área de produção, mas este incremento não é acompanhado na pós-colheita, o que causa gargalos ou pontos de estrangulamento no fluxo das etapas de recepção e secagem dos grãos. Isso, além de reduzir a cadência operacional, provoca redução na qualidade dos grãos, pois são elevados os graus de umidade e impurezas que eles contêm quando da colheita mecanizada, que predomina no país.

O Brasil se destaca como o maior produtor entre os países ocidentais. Apesar das reduções de produção em algumas safras nos últimos anos, por adversidades climáticas, a produção brasileira de arroz vem apresentando tendência de crescimento, em função, principalmente, do constante incremento da produtividade (CONAB, 2010). O Rio Grande do Sul, principal estado produtor, onde predomina o sistema de cultivo irrigado, produz mais de 60% do arroz nacional, sendo que a cadeia produtiva do arroz representa R\$ 2,9 bilhões ao ano no PIB, gerando 232.000 empregos diretos e indiretos. (IRGA, 2008)

O consumo brasileiro de arroz vem aumentando num ritmo inferior ao crescimento da produção. Nos últimos 20 anos, o aumento da população brasileira vem sendo compensado por uma redução no consumo per capita do cereal, em consequência de uma série de modificações nos padrões e hábitos de consumo da população (FAO, 2009)

Problemas encontrados no processo de secagem de arroz com casca são similares aos de outros cereais, porém o arroz exige operação mais controlada, em razão da suscetibilidade a quebras durante e após a secagem. Durante a secagem do arroz, pode haver consideráveis perdas, seja pela sua característica de sensibilidade, pelo método utilizado, pelo manejo térmico do ar de secagem, ou pelos controles da operação e do equipamento.

Como produto agrícola, o arroz tem seu valor comercial dependente da qualidade física e tecnológica dos grãos, sendo o percentual de grãos íntegros um dos parâmetros de influência na comercialização com as indústrias. Dentre outros fatores, os métodos e as condições de manejo da secagem, as quais o produto é submetido, afetam diretamente o beneficiamento, interferindo, principalmente, em reduções no rendimento industrial e no valor comercial, além de diminuir a conservabilidade durante o armazenamento e dificultar as operações de preparo para o consumo.

Objetivando ampliar o acervo de informações técnicas e científicas sobre operações de pós-colheita de arroz, e minimizar limitações operacionais nas etapas de recepção e secagem, visa-se com este trabalho: a) estudar métodos de secagens que possam diminuir esta limitação operacional, reduzindo perdas de qualidade dos grãos causadas por esta limitação, sem causar danos nos grãos; b) estudar efeitos do processamento industrial e do tempo de armazenamento em ambiente com controle ambiental em temperatura reduzida sobre a qualidade de arroz armazenados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de arroz

O arroz é considerado pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) como o alimento mais importante para a segurança alimentar do mundo. Além de fornecer um excelente balanceamento nutricional é uma cultura bastante rústica, o que a faz também ser considerada a espécie de maior potencial de aumento na produção para combate a fome no mundo (GOMES et al, 2004).

A produção do arroz (Tabela 2) ocorre em todos os continentes estando na Ásia aproximadamente 90% da produção mundial. Na América Latina, o Brasil se destaca como o maior produtor (FAO 2009).

O agronegócio do arroz no Rio Grande do Sul envolve anualmente a produção de cerca de 7 milhões de toneladas, sendo considerado estabilizador da safra nacional, responsável por cerca de 60% da produção brasileira, a maior entre os Estados da Federação. Esta produção representa R\$ 2,9 bilhões ao ano no PIB (Produto Interno Bruto), gerando 232 mil empregos diretos e indiretos no Estado (IRGA, 2008). O país tem apresentado um grande desempenho nas exportações de produtos do agronegócio e conquistado novos mercados em diferentes partes do mundo (SCOLARI, 2006), conforme é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Evolução das exportações brasileiras de produtos agrícolas de arroz

Ano	Exportação (mil de toneladas)
2004	36,8
2005	272,5
2006	290,4
2007	201,4
2008	518,0
2009	866,3

Fonte: MDIC, 2009

Tabela 2 – Produção mundial de arroz (base casca), safra 2008.

Posição	Países	Produção	Participação
		(mil ton)	(%)
1	China	193354,18	28,23
2	Índia	148260,00	21,64
3	Indonésia	60251,07	8,80
4	Bangladesh	46905,00	6,85
5	Vietnã	38725,10	5,65
6	Tailândia	32099,40	4,69
7	Mianmar	30500,00	4,45
8	Filipinas	16815,50	2,45
9	Brasil	12100,14	1,77
10	Japão	11028,75	1,61
11	Paquistão	10428,00	1,52
12	Estados Unidos	9239,63	1,35
13	Egito	7253,37	1,06
14	Camboja	7175,47	1,05
15	Coréia do Sul	6919,25	1,01
	Demais Países	53958,51	7,88
	Mundo	685013,37	100,0

Fonte: FAOSTAT, 2010

O consumo brasileiro *per capita* de arroz é muito superiores aos demais países ocidentais, havendo acentuada redução no consumo devido ao processo de ocidentalização dos hábitos alimentares da população.

O consumo de arroz branco é superior a 70% no país, enquanto o parboilizado polido responde por cerca de 23%. O consumo de arroz parboilizado tem crescido substancialmente nos últimos anos, passando de 4% para aproximadamente 22% em duas décadas (ABIAP, 2009).

O arroz parboilizado em relação ao branco polido apresenta vantagens nutricionais importantes, com maiores teores de minerais, vitaminas e de substâncias com ação semelhante a das fibras, denominadas de amido resistente, que atuam na manutenção da glicemia (HELBIG, 2007).

A Figura 01 mostra o consumo médio *per capita* de arroz beneficiado no mundo e na Ásia de 1990 a 2007.

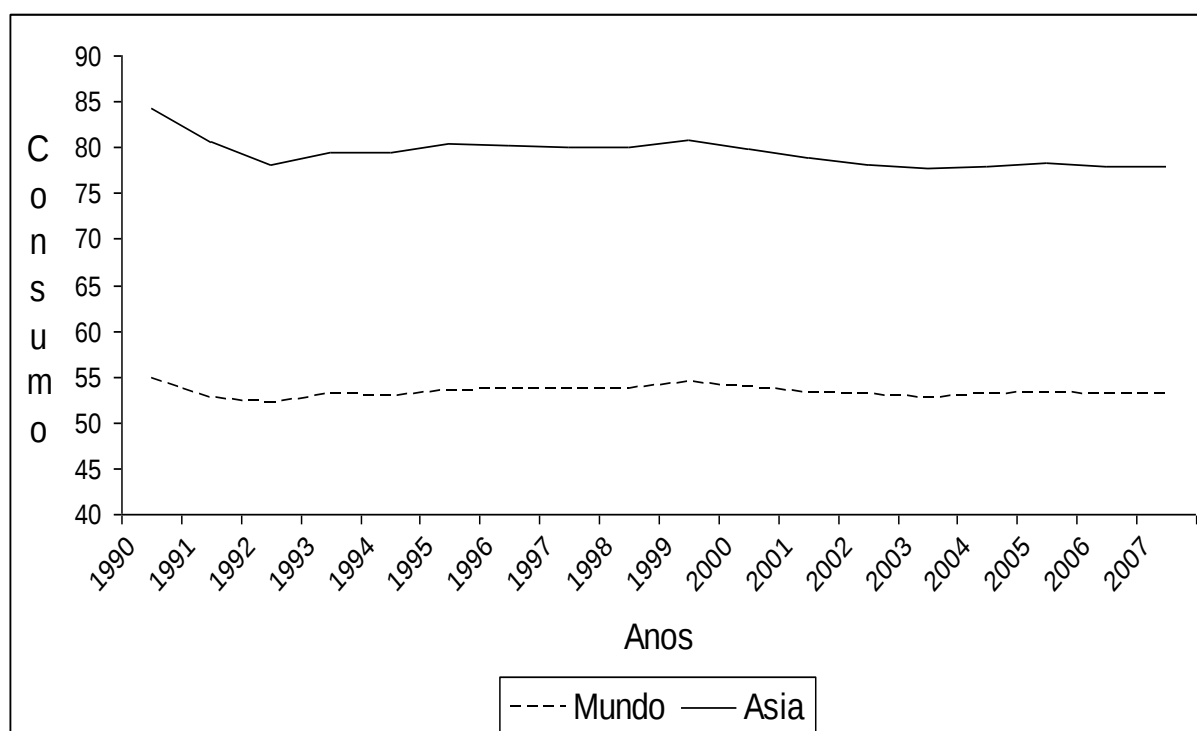


Figura 1 – Consumo *per capita* de arroz beneficiado no mundo e na Ásia, em Kg.(hab.ano)⁻¹, período entre 1990 e 2007.
Fonte: FAOSTAT, 2010

Conforme pode ser observado na Figura 02, o consumo *per capita* de arroz beneficiado no Brasil teve uma redução de aproximadamente 14% nos últimos 20 anos, o que corresponde a 5,7 Kg.(hab.ano)⁻¹. Este valor é considerado alto, se comparado com o consumo per capita dos países desenvolvidos (Figura 03).

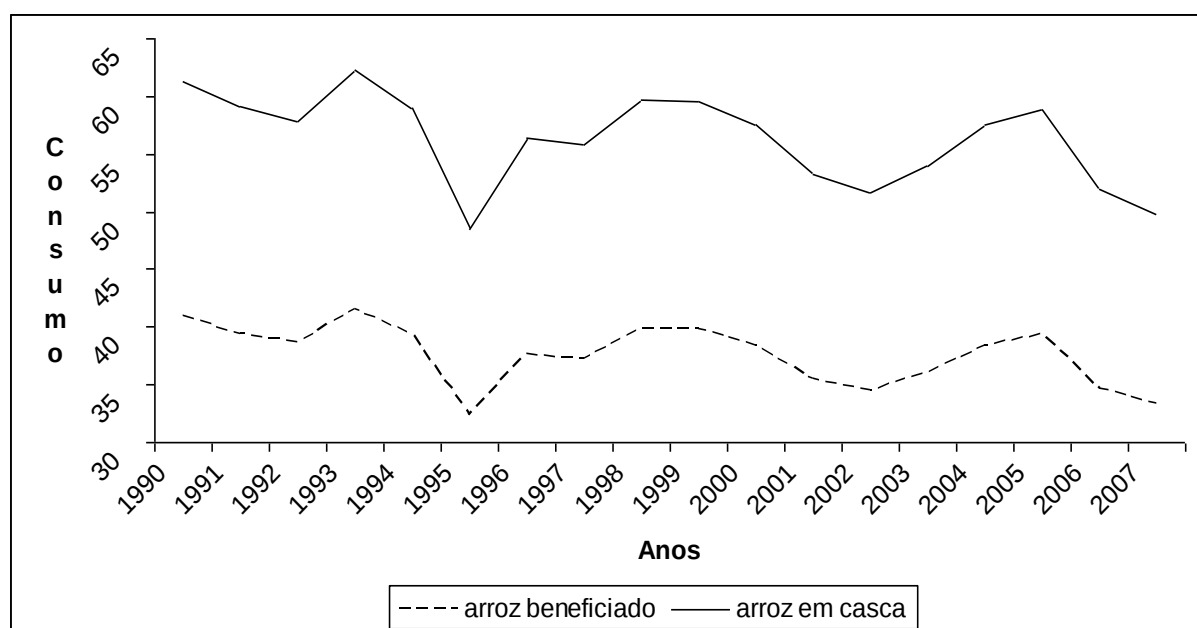


Figura 2 – Consumo *per capita* de arroz beneficiado e em base casca no Brasil, em Kg.(hab.ano)⁻¹, período entre 1990 e 2007.
Fonte: FAOSTAT, 2010

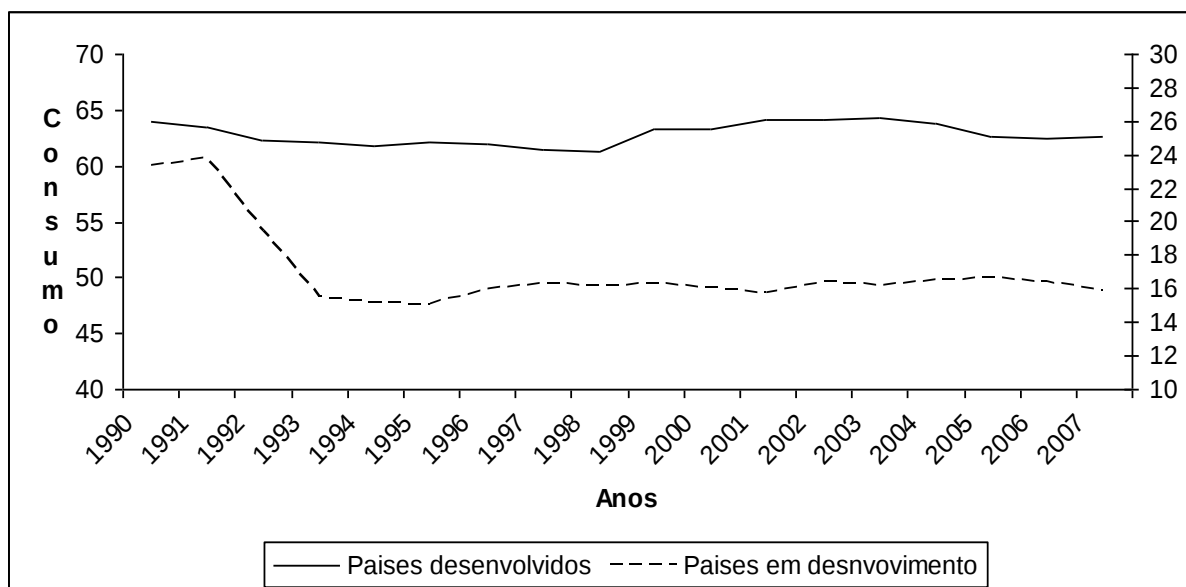


Figura 3 – Consumo per capita de arroz beneficiado nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, em Kg.(hab.ano)¹, período entre 1990 e 2007.

Fonte: FAOSTAT, 2010

Apesar de ser considerado um alimento importante na alimentação humana, o cereal ainda é pouco reconhecido pelas suas características funcionais, ou seja, que também tem a capacidade de prevenir doenças, auxiliar no tratamento de muitas delas e até de cura em função dos componentes que possui (HELBIG et al, 2008).

2.2 Características do grão

Representando 89 a 93% da cariopse, o endosperma é o principal componente do arroz branco polido, sendo formado por grânulos de amido, algumas proteínas e outros constituintes. Segundo Gomes et al. (2004), o arroz fornece 20% da energia e 15% da proteína necessárias ao homem, e se destaca pela sua fácil digestão.

A composição química do arroz varia em função das condições de pré-armazenamento, de armazenamento, da variedade e do sistema de beneficiamento (AMATO e ELIAS, 2005). O arroz com casca contém, em média, de 6,7 a 8,3% de proteínas, de 2,1 a 2,7% de lipídeos, de 3,4 a 6,0% de cinzas e de 70,5 a 84,2% de carboidratos. O farelo obtido pelo polimento do arroz esbranado é constituído de

13,0 a 14,5% de lipídeos, de 6,1 a 8,5% de cinzas e, 48,3 a 55,4% de carboidratos (DENARDIN et al., 2005; ZANÃO et al., 2006; LAMBERTS et al., 2008).

Através do descascamento e da separação da casca e da cariopse, obtém o arroz integral. Este pode ser polido para remoção do farelo (pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen), que representa 8,5-14,8% do arroz integral (JULIANO & BECHTEL, 1985), obtendo-se o arroz branco polido. Os grãos também podem ser submetidos à parboilização, podendo ser consumidos na forma integral ou polido. O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.

Constituinte	Arroz Integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (Nx5,95)	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: adaptado de DENARDIN, SILVA E STORCK, 2004

Os triglicerídeos são os principais constituintes, da fração lipídica, contribuindo com 85% dos lipídeos no farelo e 60% no endosperma. Quantitativamente, os principais ácidos graxos no óleo de arroz são oléico, linoléico e palmítico, representando cerca de 43, 36 e 14% do total, nesta ordem (GONÇALVES, 2005).

O conteúdo médio de proteínas do arroz sem casca encontra-se na faixa de 8,0 a 9,0%, havendo redução neste teor na medida em que vão sendo retiradas camadas superficiais dos grãos, porque o teor de proteína diminui progressivamente da periferia para o interior da cariopse (AMATO, 2002).

O principal carboidrato do arroz é o amido que representa cerca de 90% do grão branco polido. A amilopectina representa de 63 a 92% de todo o amido e a amilose, de 8 a 37% (HOSENEY, 1991). Todas essas características benéficas podem ser comprometidas pelas inadequações técnicas e/ou operacionais que vão

desde a produção até o consumo, passando, principalmente, pela secagem, pelo armazenamento e pela industrialização.

2.3 Princípios e aspectos operacionais da secagem

O arroz, por ter produção sazonal, utiliza a secagem como método de conservação. Entretanto, cada vez mais a produtividade vem crescendo, devido ao grande incremento de tecnologias na área de produção, mas este incremento não é similar na pós-colheita, o que causa gargalos ou pontos de estrangulamento no fluxo das etapas de recepção e secagem dos grãos. Isso, além de reduzir a cadência operacional, provoca redução na qualidade dos grãos, em consequência dos ocasionada pelos elevados graus de umidade e impurezas que contêm quando da colheita mecanizada, que é mais utilizada.

Pode-se conceber a secagem como um processo de transferência simultânea de calor e de massa. O ar, ao mesmo tempo em que fornece calor ao sistema, absorve água do produto em forma de vapor. O gasto de energia provocado pela evaporação da água é acompanhado por um resfriamento do ar. Contudo, o ar absorve em forma de vapor o que perdeu sob a forma de calor, caracterizando um processo isoentálpico. Grãos são produtos higroscópicos e, como tais, sofrem variações no seu conteúdo de água, de acordo com as condições do ar que os rodeia (ELIAS, 2007).

Quando o aquecimento acontece no grão, também aumentam a evaporação e as pressões internas. Enquanto o grão perde água, ele tem seu tamanho reduzido, graças à compressão externa, proveniente da pressão atmosférica e que aumenta à medida que vai secando. Se aquecido, enquanto seca, contrariamente, sua pressão interna aumenta e as camadas mais centrais do grão tendem à expansão. A superfície do arroz não tem plasticidade ou capacidade elástica para suportar tensões mecânicas muito elevadas, podendo nesses casos sofrer fissuras na superfície, trincamento ou até mesmo quebra (ruptura do grão). Quanto mais desequilibrados forem os fenômenos de evaporação e de difusão, maiores serão os danos (BROOKER et al.; 1992; RESENDE et al., 2005; ELIAS, 2008).

A secagem artificial é realizada a partir de estruturas específicas construídas para esse fim, onde o ar é forçado a passar pela massa de grãos, possibilitando a secagem de grandes quantidades de grãos em curtos espaços de tempo,

independentemente das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (AOSANI, 2007).

O aquecimento do ar de secagem, com a finalidade de diminuir sua umidade relativa, aumentar sua entalpia e sua capacidade evaporativa, deve ser controlado dentro de limites determinados, em virtude dos danos físico-químicos e biológicos que podem causar aos grãos (MILMAN, 2002).

A qualidade dos grãos tem-se tornado um aspecto muito importante, tanto para comercialização interna como para exportação. Dos processos da pós-colheita, a secagem é a mais importante para a manutenção da qualidade dos grãos, além de ser a fase em que o consumo de energia é mais significativo (DEVILLA, 1999).

A secagem é um processo complexo de transferência de calor e energia entre os grãos e o ar, e freqüentemente não é bem entendido pelo operador do secador, e seu treinamento ocorre normalmente por tentativa e erro. Portanto, não surpreende a operação de secagem nas unidades armazenadoras estar longe do ponto ótimo. Os enganos mais comuns estão em usar temperaturas excessivamente altas para aumentar a velocidade de secagem, e diminuir o fluxo de grãos nos elevadores para não correr o risco de “embuchamentos” (MENEGETTI, 2008).

Os principais fatores que afetam o desempenho de secagem são as condições ambientais e a umidade dos grãos. O clima determina a época e o grau de umidade esperada na colheita, que varia de região para região. A umidade inicial dos grãos tem um efeito significativo no desempenho do secador, não só na operação do secador, no consumo de energia, e na qualidade dos grãos, mas também nos custos operacionais.

Após a colheita, os grãos devem ser submetidos à pré-limpeza, antes da secagem. Quando eficientemente realizada, ela reduz os riscos de incêndio, facilita a movimentação do ar e dos grãos, permite a uniformização da secagem e reduz custos, já que os materiais estranhos ou impurezas não estarão presentes para serem secos, diminuindo as fontes de inoculo de microrganismos e de pragas, cujas presenças são indesejáveis na classificação e na conservação posterior.

2.4 Secagem intermitente

O método intermitente é caracterizado pela passagem descontínua do ar aquecido pela massa de grãos também em movimento, promovida pela recirculação

do grão no secador. Com isto a difusão da água do interior para a periferia do grão, e a evaporação da água superficial se dão de uma maneira mais branda e equilibrada. (ELIAS, 2007).

Grãos sensíveis a choques térmicos como, o arroz, quando submetidos à alternância de ar aquecido e ar com temperatura ambiente, têm aumentos de fissuras e/ou trincamentos, intensificando os teores de quebrados e reduzindo sua conservabilidade durante o armazenamento, devido à ocorrência de danos físicos, químicos e bioquímicos (LASSERAN, 1978; MOTTA et al., 1999).

Para a secagem intermitente são utilizados os secadores intermitentes e mais ultimamente são utilizados secadores de coluna como câmara de secagem e um silo ou regulador de fluxo para realizar a equalização, fazendo-se assim a secagem intermitente. O processo ocorre com a movimentação do arroz e do ar de secagem, que mantém períodos de contato e sem contato alternadamente.

O equipamento é constituído de duas câmaras: uma de secagem, onde ocorrem as trocas de energia e de matéria durante o contato com o arroz, o ar insuflado ou succionado, e outra de equalização, onde os grãos permanecem sem contato com o ar de secagem. Na câmara de secagem o ar cede energia térmica, se resfria, e absorve na forma de vapor a água periférica que evapora do grão. Na câmara de equalização, o repouso permite que a água mais interna do grão de arroz migre para a sua periferia, predominantemente por difusão.

Normalmente a temperatura do ar de secagem, não ultrapassa 115°C, nem é inferior a 70°C. Este é um sistema que permite obter bons resultados, embora exija maiores investimentos e uso de tecnologia mais sofisticada quando comparado a outros métodos. Pelas características técnicas, operacionais e econômicas, o sistema intermitente é o mais recomendável para a secagem do arroz, devendo ser evitada a remoção brusca de água, que deve ser harmônica durante todo o processo, com temperatura do ar de secagem de no máximo 110°C, para controlar os danos térmicos e mecânicos (BARBOSA et. al., 2005; SOSBAI, 2007).

A secagem com temperaturas crescentes do ar é uma operação mais branda do que a secagem com temperatura constante, e ocasiona menores prejuízos físico-químicos e biológicos ao arroz, pois a evaporação e a migração interna da água são mais equilibradas, a velocidade de remoção de água é menor e também são menores as temperaturas atingidas pela massa de arroz durante a secagem (ROMBALDI, 1988; BOEMEKE, 2000).

2.5 Seca-aeração

O método de seca-aeração de grãos foi criado nos Estados Unidos na década de 60 por George Foster, professor do Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade de Purdue, Indiana. As investigações que levaram ao desenvolvimento deste método surgiram da necessidade de reduzir a deterioração na pós-colheita do milho nos Estados Unidos, devido ao surgimento da colheita mecanizada por automotriz, permitindo a colheita dos grãos em grandes quantidades e com graus de umidade mais elevados do que o habitual, provocando gargalos no fluxo de secagem (DIOS, 1985; BROOKER, 1992).

Foster (1967) e MacKenzie et al (1967) descobriram que o método de seca-aeração proporcionava um aumento na cadência operacional do secador, melhorava o aproveitamento das instalações e proporcionava redução nos custos com energia na secagem. Embora estas vantagens fossem muito atrativas para o setor, suas limitações restringiram sua consolidação a plantas industriais que comportavam os equipamentos necessários para sua aplicação.

Para aplicar o método de seca-aeração, é necessário consorciar um secador de fluxo contínuo e silos secadores. Porém se faz necessário realizar adaptações no manejo do ar de secagem e de arrefecimento no secador contínuo (DIOS, 1985; ELIAS, 2008).

A seca-aeração utiliza um secador convencional contínuo adaptado, que permite receber ar aquecido nas duas câmaras. Assim, os grãos saem ainda quentes e parcialmente secados, indo diretamente a um silo secador, onde permanecem em repouso durante um determinado tempo, antes de iniciar a etapa final de aeração na secagem dos grãos (MILMAM, 2002).

O método de seca-aeração consiste em interromper a secagem dos grãos em fluxo contínuo quando a umidade dos grãos estiver entre 15 e 16%, passando os grãos ainda quentes para um silo secador e aguardando de 4 a 12 horas de repouso até o acionamento da aeração com ar ambiente (MACKENZIE et al., 1967; LASSERAN, 1978; CUNHA, 1980; FRANCO e PETRINI, 2006).

Esse processo de secagem aumenta o rendimento do secador, reduz os danos e mantém a aparência externa dos grãos, visto que o processo combinado de repouso e aeração é um recurso para reduzir quebras e trincamento de grãos (NEVES et al, 1983; DEVILLA et. al.,1999; TALBOT, 2003).

2.6 Efeitos na qualidade dos grãos

Mantendo-se constante o número de passagens pelo secador, o aumento da temperatura do ar aumenta a velocidade de secagem, e reduz a percentagem de grãos inteiros, sendo mais limitante o efeito da temperatura do ar de secagem sobre o rendimento de engenho do que o dano mecânico causado pela movimentação do arroz durante a secagem (ELIAS, 2007).

Shei e Chen (1999) estudando a secagem de arroz em casca pelo processo intermitente em camadas finas, com temperatura do ar de secagem variando entre 35 e 45°C, umidade absoluta do ar variando entre 10 e 26 g/kg ar seco, intervalo de tempo de secagem variando entre 5 a 15 minutos, e intervalo de tempo de temperagem variando entre 40 a 120 minutos, concluíram que um tempo de secagem mais curto e um tempo de temperagem mais longo produzem menos danos no grão.

Barbosa et al. (2006) verificaram efeitos da secagem intermitente com temperaturas gradualmente crescentes do ar de 70, 90 e 100±5°C e da secagem estacionária em silo-secador com ar pouco aquecido, à temperatura de 30±5°C sobre o desempenho industrial dos grãos de arroz, e concluíram que ambos os métodos são adequados para a secagem de grãos de arroz e que os menores percentuais de grãos inteiros são observados imediatamente após a secagem, independentemente do método utilizado.

Para secagem de arroz, deve ser evitada a remoção brusca da água, a qual deve ser harmônica durante todo o processo e não deve ultrapassar dois pontos percentuais por hora, em cada hora. Deve-se ter atenção na regulagem do secador contínuo, para que o fluxo de secagem não ultrapasse dois pontos percentuais horários de remoção de água nos grãos. Na secagem pelo método de seca-aeração de arroz podem ser empregadas temperaturas de 60 a 80°C no ar de entrada nas câmaras de secagem, do secador de coluna, com um período mínimo de repouso de quatro horas. É importante controlar o processo para que a temperatura da massa de grãos não ultrapasse 40°C, valendo o mesmo para sementes (ELIAS, 2007).

Abud-Archila et al. (2000) afirmam que em países de clima temperado como a França, a secagem do arroz é uma das principais causas de fissuras. Estas fissuras virtualmente invisíveis no arroz em casca, conduzem a relações de quebras altas após o beneficiamento, e concluem que altas taxas de evaporação da água

dos grãos são mais danosas do que altas temperaturas da massa de grãos, ou seja que o rendimento de grãos inteiros não é afetado pela temperatura elevada da massa de grãos se a capacidade evaporativa do ar se mantiver baixa.

Ao determinar o rendimento do arroz após secagem com temperaturas de 50, 60, e 70°C e períodos de repouso de 30, 60, 120 e 180 minutos, entre as passagens pelo secador, Faroni (1983) verificou que o maior percentual de grãos inteiros de arroz beneficiado (58,8%) foi obtido em secagem com ar a temperatura de 50°C, e período de repouso de 180 minutos. A secagem intercalada com períodos de repouso entre as passagens pelo secador causa um aumento acentuado no rendimento final de grãos inteiros de arroz.

Elias et al. (2006), examinaram efeitos imediatos e latentes em parâmetros qualitativos de arroz submetidos a três condições de secagem intermitente: I) temperaturas crescentes do ar de 70, 90 e 100±5°C, com relação de intermitência de 1:3; II) temperaturas crescentes do ar de 70, 90 e 100±5°C, com relação de intermitência de 1:1,5; III) temperatura constante do ar de 90±5°C durante toda a operação de secagem. Concluíram que, aumentando a relação de intermitência entre as câmaras de secagem e de equalização, aumentam o tempo de operação e o consumo de energia para o aquecimento do ar, mas diminuem a taxa de secagem e o consumo de energia por quantidade de grãos secados; Há redução significativa no rendimento de grãos inteiros, imediatamente após a secagem, sendo essa redução menos acentuada quando o ar é aquecido gradualmente.

O rendimento de grãos inteiros e quebrados é o principal parâmetro considerado na avaliação comercial do arroz para a determinação da qualidade e do preço do produto. Dentre outros fatores, os métodos e as condições de manejo da secagem, aos quais o produto é submetido, afetam diretamente o beneficiamento, interferindo, principalmente, na porcentagem de grãos inteiros obtidos (CANEPELLE et al.,1992).

Segundo Brooker et al. (1992), a formação de trincas é devida ao gradiente de umidade que se forma no interior do grão, do centro para a periferia, o qual, ao se tornar muito elevado, conduz ao aparecimento de tensões que podem trincar o grão.

Os danos mais freqüentemente observados quando a secagem com ar aquecido não for convenientemente controlada são: redução de vigor e germinação da semente, alteração de cor, formação de crosta periférica, perda de matéria seca, redução da integridade física dos grãos, diminuição da digestibilidade das proteínas,

desestruturação do amido e redução da conservabilidade, além do desperdício de tempo e de energia (ELIAS, 1998; ELIAS et. al., 2008).

Para o arroz que se destina ao beneficiamento direto, sem ser armazenado, recomenda-se, após a secagem e antes do beneficiamento propriamente dito, deixar em repouso os grãos por período que, dependendo da variedade utilizada e das condições de secagem, pode variar de 48 a 72 horas, com a finalidade de permitir o estabelecimento do equilíbrio termo-hídrico e o relaxamento de tensões internas, constituindo o que se denomina de temperagem ou tempo de têmpera (LUZ et al.,1993).

A quebra dos grãos ocorre, principalmente, durante os processos de descascamento e de brunimento. A maioria dos grãos quebrados, durante o beneficiamento, já apresentava fissuras antes do processo (CALDERWOOD, 1980).

A parboilização é um processo hidrotérmico que altera a forma do amido de cristalina para amorfa durante a gelatinização, havendo posterior retrogradação. O processo contribui na redução das perdas de industrialização dos grãos, bem como no incremento do valor nutricional, além de aumentar a estabilidade no armazenamento e no transporte (AMATO et al., 2002).No processo de parboilização do arroz, as operações correspondentes às do beneficiamento convencional são precedidas pelo tratamento hidrotérmico, que em geral consta de quatro etapas: hidratação ou encharcamento, autoclavagem, secagem e temperagem.

Após essas etapas, os grãos são submetidos, de maneira similar ao sistema convencional, às operações de descascamento, polimento, separação de quebrados e de grãos com defeitos. A hidratação tem por finalidade promover a entrada de água no interior do grão, aproveitando a propriedade que tem o amido de absorver cerca de 30% do seu peso em água, tomando o espaço ocupado pelo ar dentro do grão.

A temperatura utilizada é um pouco inferior à temperatura de gelatinização e esse valor é próprio para cada cultivar. Após a hidratação, o arroz é geralmente submetido à autoclavagem, a qual tem por objetivo promover a gelatinização do amido, que é facilitada pelo fato de o grão estar com umidade alta e energia gerada pelo calor da água de hidratação.

2.7 Armazenamento

A forma mais comum de armazenagem de cereais e leguminosas é a do grão vivo. Este contém alta concentração de substâncias nutritivas e é fácil de armazenar graças a seu baixo teor de água (GWINNER, 1997).

Cereais e leguminosas possuem baixa capacidade de condutibilidade calorífica, o que significa que as diferenças de temperatura no produto armazenado só são perceptíveis em distancias curtas e períodos longos. Isto leva a acumulações de calor na massa de grãos, com todas as conseqüências desvantajosas, como aumento da respiração, infestação com insetos e condensação (GWINNER, 1997; PUZZI, 2000; LORINI et. al., 2009).

O tipo de manutenção a aplicar, sua periodicidade e intensidade, ficam na dependência de resultados observados ao longo do período de armazenamento, das medidas de controle de qualidade obtidas em testes, onde fatores como variação de umidade relativa e temperatura do ar, umidade e temperatura do grão, bem como a avaliação do grau de desenvolvimento de microrganismos, de insetos e de ácaros, a presença de roedores e a variação de acidez do óleo, entre outros, devem ser considerados (ELIAS, 2002; ELIAS, 2007).

A temperatura dos grãos armazenados é um bom índice do seu estado de conservação (PUZZI, 2000). A principal fonte de deterioração é o aquecimento espontâneo da massa de grãos. Em países da Europa Central e da América do Norte, onde predomina clima temperado, são mais raros os problemas com armazenamento nos meses mais frios do ano, do que naqueles meses mais quentes, que sucedem à colheita (MAIER, 1995).

Em climas quentes recomenda-se aeração com ar natural nas regiões mais elevadas, do contrário, aeração com ar frio artificial. Climas temperados e moderados são os mais apropriados para ventilação usando ar ambiente. A linha de 30 ° latitude (norte e sul do equador) dá forma aos limites ásperos para aeração (NAVARRO e NOYES, 2002).

Devido á estrutura interna do grão, sua superfície, suas propriedades físicas como a baixa condutividade térmica, os grãos oferecem as melhores condições para serem resfriados e assim permanecerem por longo período (ELIAS, 2008). O resfriamento dos grãos reduz as perdas fisiológicas pela respiração intrínseca e

mantém sua qualidade, oferecendo proteção contra desenvolvimento insetos (SANTOS, 2002, LAZARI et. al., 2006).

O grau de umidade do grão depende da umidade relativa do ar que o circunda. No momento em que as pressões de vapor da água contida na superfície do grão e do vapor d'água do ar circundante se igualam, não há mais variação de umidade, ocorrendo o equilíbrio higroscópico. Outros fatores influem nesta relação, como temperatura do ar, efeito da histerese e composição química do grão, ou seja, diferentes espécies não mantêm o mesmo grau de umidade de equilíbrio sob as mesmas umidades relativas do ar (HARRINGTON, 1973; LASSERAN, 1978; ELIAS, 2002).

No armazenamento, além das alterações decorrentes do metabolismo do próprio arroz, há o metabolismo de microrganismos associados, principalmente fungos, cujos principais danos causados são mudanças de coloração, desgaste das reservas nutritivas, alterações na estrutura de carboidratos, lipídeos, proteínas e vitaminas, produção de toxinas, aquecimento dos grãos, exalação de odores desagradáveis e presença dos próprios microrganismos, com redução da capacidade germinativa e de vigor das sementes e aumento de defeitos nos grãos (FAGUNDES et.al., 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi destinado à avaliação de efeitos imediatos e latentes nos grãos secados pelos métodos de secagens e do armazenamento com controle ambiental em temperatura reduzida sobre parâmetros industriais, tecnológicos e de conservabilidade do arroz submetido aos processos industriais de beneficiamento de arroz branco e parboilizado, bem como, avaliar efeitos da preferência de consumo do inseto *Sitophilus* sp. dos diferentes métodos de secagem em grãos com casca, integral, branco inteiro e branco quebrado.

O experimento foi executado nas instalações do Laboratório de Pós Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (DCTA – FAEM – UFPEL).

3.1 Material

Foi utilizado arroz, em casca, classe grãos longo finos, produzido em sistema irrigado na região sul do Rio Grande do Sul.

A colheita, com umidade próxima a 20%, foi seguida da pré-limpeza em máquinas de peneiras planas, sendo então realizadas as secagens dos grãos, que posteriormente armazenados em local com controle ambiental de temperatura reduzida ($17\pm 1^{\circ}\text{C}$).

3.2 Métodos Experimentais

Após a recepção do arroz pré-limpo em equipamentos de escala industrial, os grãos foram imediatamente submetidos a três métodos de secagem: intermitente clássica, intermitente escalonada e seca-aeração.

Nos métodos de secagem intermite clássica e intermitente escalonada foram utilizadas temperaturas crescentes onde na primeira hora o termostato foi regulado para o ar atingir uma temperatura máxima de $70\pm 5^{\circ}\text{C}$, na segunda para atingir $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ e na terceira para atingir $100\pm 5^{\circ}\text{C}$, permanecendo nesta condição até os grãos reduzirem seu grau de umidade para 13% para a secagem intermitente clássica e a cerca de 15% para a secagem intermitente em regime escalonado.

Os secados pelo método intermitente clássico foram para o armazenamento definitivo, enquanto os secados pelo sistema escalonado foram armazenados por aproximadamente 30 dias e posteriormente os mesmos retornaram ao secador para complemento da secagem. Nesta secagem foi utilizado um secador de coluna (Figura 4) adaptado para o sistema intermitente, que constitui no bloqueio do ar na câmara superior (a qual funcionou como câmara de equalização) sendo o ar aquecido direcionado para a câmara inferior (que funcionou como câmara de secagem).

Os grãos eram carregados no secador, recirculando até atingirem a umidade programada e eram então descarregados para serem conduzidos ao armazenamento, definitivo ou temporário, respectivamente no processo intermitente clássico e no intermitente escalonado.

Na secagem pelo método de seca-aeração os grãos foram submetidos a uma primeira etapa no secador contínuo adaptado (Figura 4) onde foi utilizado o secador com coluna inteira com temperatura do ar de secagem de 100°C . Posteriormente os grãos passaram para um silo secador (Figura 5) para complementar a secagem. Após um período de espera de 6 horas para depois ligar a aeração com ar na temperatura ambiente. Na primeira etapa os grãos foram secados até 15% de umidade e na segunda etapa, após o repouso, para 13% de umidade.

No secador (Figura 4) em escala piloto, as adaptações permitem que se possa distribuir o ar quente tanto na câmara superior como na inferior ou em ambas, possibilitando um controle completo da temperatura em cada câmara, podendo, por isso, ser utilizado para secagem intermitente, secagem contínua ou por seca-aeração.

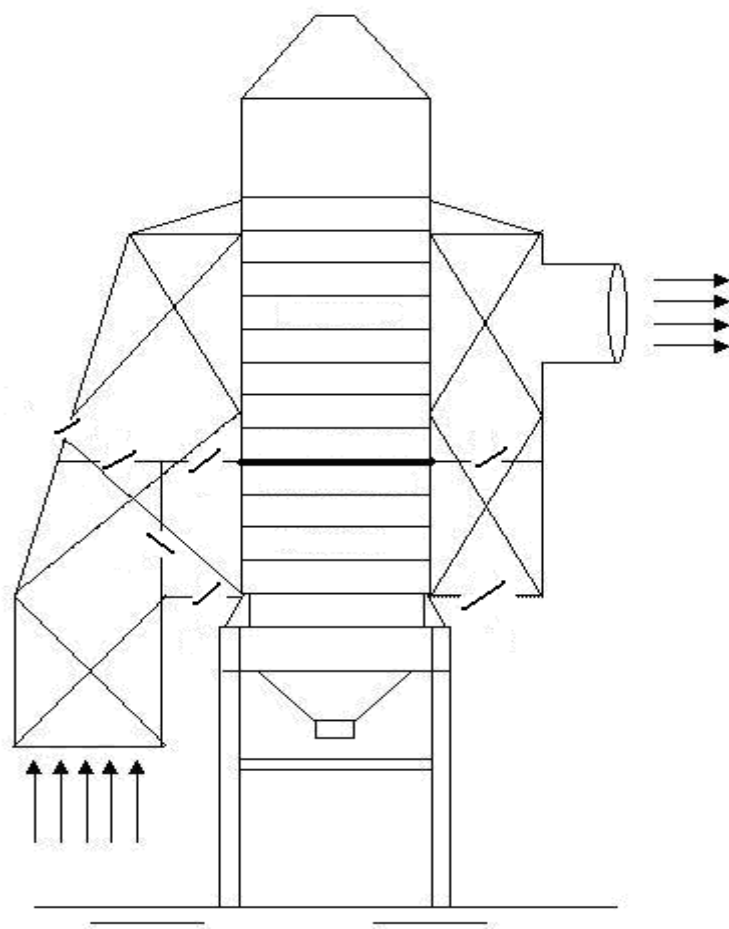


Figura 4 – Esquema do secador de coluna



Figura 5 – Silo secador

O delineamento utilizado no experimento foi o completamente casualizado, num esquema fatorial 3X2X2 (3 métodos de secagem X 2 tempos de armazenamento X 2 processos de beneficiamento), com 3 repetições para cada tratamento, conforme diagrama apresentado na Figura 6.

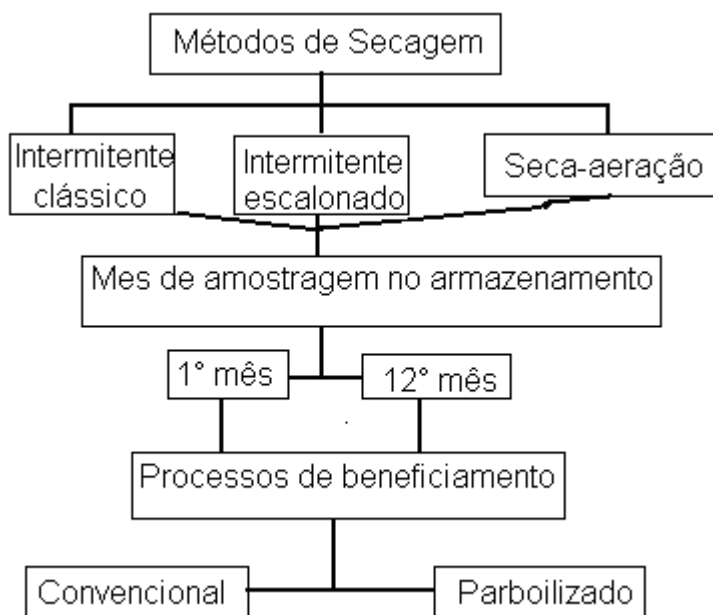


Figura 6 – Representação do delineamento experimental.

Logo após o término de cada operação de secagem, os grãos foram misturados para que ocorresse a uniformização da umidade. Em seguida, as amostras foram divididas em partes iguais e então armazenadas durante doze meses em sacos de polipropileno de 50Kg cada, em condições ambientais controladas de temperatura reduzida de aproximadamente $17\pm1^{\circ}\text{C}$.

Na avaliação de preferência de consumo foram utilizados os grãos obtidos das secagens sendo estudado, a preferência de consumo do inseto *Sitophilus* sp. nas diferentes secagens e nos grãos com casca, integral, branco polido e branco quebrado.

No estudo da preferência dos insetos foi utilizada uma “arena” (Figura 7) (caixa de madeira de 80 x 80 x 10cm), contendo 16 compartimentos individualizados dispostos eqüidistantes circularmente. Para fechar a parte superior foi utilizada uma tela que impossibilitava a saída dos insetos. Em cada compartimento foram colocados 700g de grãos e no centro da “arena” 2 mil insetos da praga *Sitophilus* sp..



Figura 7 – “Arena” utilizada no estudo de preferência de consumo do inseto *Sitophilus* sp.

3.3 Avaliações

Foram analisados os conteúdos de umidade, peso volumétrico, desempenho industrial, parâmetros de cocção, parâmetros texturométricos e preferência dos insetos de acordo com a metodologia oficial ou desenvolvido no próprio laboratório, conforme o caso.

3.3.1 Umidade

O grau de umidade foi estabelecido através do uso de estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, com circulação natural de ar, por 24 horas, de acordo com o método oficial de análises de sementes preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992).

3.3.2 Massa específica

Determinada utilizando-se balança de peso hectolitro Dalle Molle com capacidade de $\frac{1}{4}$ de litro, sendo necessária transformação para kg.m^{-3} e balança eletrônica digital com precisão de 0,01g, realizado de acordo com a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 1992)

3.3.3 Peso de mil grãos

Determinado segundo a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 1992) através da contagem de 50 grãos em quadruplicata e calculado o peso de mil grãos.

3.3.4 Operações de beneficiamento industrial

As amostras de arroz em casca foram coletadas no 1º e no 12º mês de armazenamento, sendo submetidas aos processos de beneficiamento convencional (branco polido) e de parboilização, em escala piloto, usando metodologia desenvolvida no próprio Laboratório de Grãos (ELIAS, 1998)

Antes do beneficiamento, todas as amostras foram submetidas às operações de limpeza e seleção em protótipos de máquinas de ar e peneiras planas e cilíndricas, onde foram retiradas as impurezas e os materiais estranhos que prejudicam o fluxo do produto no processo, danificando os equipamentos e reduzindo a qualidade do produto final.

3.3.4.1 Processo convencional

Foram realizadas as operações de descascamento, polimento, separação de quebrados e separação de defeitos, conforme as Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (BRASIL, 2009).

a. Descascamento

Após a limpeza, os grãos foram desprovidos das glumelas (lema e pálea), na operação denominada de descascamento, realizada em engenho de provas da marca Zaccaria modelo DTAZ1, de acordo com as recomendações prescritas no manual de operações fornecido pelo fabricante. Os grãos que não tivessem sua casca removida na primeira passagem, denominados marinheiros, eram separados manualmente, pesados e descontados da amostra original.

b. Polimento

O polimento também foi realizado no engenho de provas marca Zaccaria modelo DTAZ1, onde as amostras permaneceram pelo tempo necessário para ser retirado cerca de 8% de farelo.

c. Separação dos grãos quebrados

O material descascado e polido ainda passou pela separação de inteiros e quebrados, realizada em *trieur* (cilindro alveolado) do próprio engenho de provas, onde as amostras permaneceram por um minuto.

d. Identificação e separação de defeitos

A identificação e a separação dos grãos com defeitos foram realizadas de acordo com os termos, conceitos e caracterização constantes na Instrução Normativa 6/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). Os testes foram

executados em amostras de grãos polidos em que houve separação prévia daqueles que apresentaram defeitos metabólicos e/ou não metabólicos.

3.3.4.2 Processo de parboilização

De cada tratamento, foi coletada uma amostra de arroz em casca pesando 1,0kg, que após ser parboilizada e processada, serviu para a realização das avaliações posteriores.

a. Operação unitária de hidratação ou encharcamento

As amostras de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de filó, identificadas e colocadas em latas. Nas latas era adicionada água na proporção grãos/água de 1:1,5; com temperatura (da água) de 2°C acima da temperatura da água dos tanques de encharcamento, onde as latas eram imersas.

Através de testes preliminares foram definidos os parâmetros de tempo e temperatura recomendados, sendo verificado que esse genótipo exige temperatura média de $65 \pm 2^\circ\text{C}$, e encharcamento ideal com tempo de 5 horas e 30 minutos, em água.

b. Autoclavagem:

Realizada em autoclave horizontal, modelo FABBE-104C, com uma pressão de $0,35 \pm 0,05 \text{ kgf.cm}^{-2}$, durante 15 minutos, conforme metodologia proposta por Elias (1998).

c. Secagem:

Realizada após o escoamento do excesso de água livre das amostras por gravidade. Foi usado secador de amostras de cabine, desenvolvido pelo próprio Laboratório de Grãos, dotado de ventilador axial, com motor monofásico de 1cv de potência, e de resistência elétrica, com 500W de potência, ambos alimentados por tensão de 220V. O equipamento foi regulado para que a temperatura do ar de secagem se mantivesse inicialmente a 70°C e posteriormente a cada hora a temperatura era reduzida 10°C , assim as amostras permaneceram secando até que os grãos atingissem umidade próxima a 13%.

d. Temperagem:

As amostras foram mantidas em repouso, por 72 horas, fora do secador, sem contato com correntes de ar, para minimizar os efeitos dos gradientes térmicos e hídricos dos grãos, antes de submetê-las às demais operações.

3.4 Desempenho industrial

Segundo a legislação brasileira, arroz beneficiado é o produto maduro que depois de submetido ao processo de beneficiamento encontra-se desprovido de sua casca (BRASIL, 2009).

Todas as amostras foram submetidas às operações de limpeza e seleção em protótipos de máquinas de ar e peneiras planas e cilíndricas, onde foram retirados as impurezas e os materiais estranhos que prejudicam o fluxo do produto no processo, danificando os equipamentos e reduzindo a qualidade do produto final.

Foram realizadas as operações de descascamento, polimento, separação de quebrados e separação de defeitos, conforme as Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (BRASIL, 2009).

Para a avaliação do rendimento de grãos inteiros de cada saco de 50Kg foram coletados 100 gramas de amostra, em três repetições de cada tratamento.

Após a temperagem os procedimentos seguiram a mesma metodologia utilizada no beneficiamento convencional (item 3.3.4.1)

A separação de defeitos dos grãos de arroz foi realizada de acordo com os termos, conceitos e caracterização constantes na Instrução Normativa 06/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009).

3.5 Composição Centesimal

As amostras de grãos polidos foram moídas e divididas em duas partes, uma destinada à determinação da umidade e outra para execução das análises químicas.

Na obtenção de parâmetros para conservabilidade foram analisados os percentuais de proteína, cinzas, óleo e acidez total do óleo.

3.5.1 Proteína Bruta

O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1997);

3.5.2 Extrato Etéreo

O extrato etéreo foi determinado em aparelho Soxhlet de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

3.5.3 Acidez do Extrato Etéreo

A acidez do extrato etéreo foi determinada de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOCS (1992).

3.5.4 Cinzas

O conteúdo de minerais ou cinzas foi determinado em mufla a 550°C/5h de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

3.6 Parâmetros de Cocção

Essas características foram avaliadas de acordo com a metodologia proposta por Martinez & Cuevas (1989), com adaptações por Gularte (2002). Foram avaliados os parâmetros tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico.

As amostras, cozidas simultaneamente em chapa de ferro aquecida por energia elétrica, em panelas apropriadamente desenvolvidas para o Laboratório. No experimento eram colocadas 30g de arroz, sendo adicionada água com temperatura a 95°C, medida com auxílio de proveta determinando-se as diferentes proporções de água conforme o processo de beneficiamento do arroz (convencional ou parboilizado).

Após a adição da água, as panelas foram tampadas, mantendo o controle da temperatura com termômetro. O tempo de cocção foi marcado por cronômetro digital quando a temperatura da água da panela atingisse 80°C, ficava cozinhando, sempre cuidando para que não ocorresse transbordamento.

Foram avaliadas as características de cocção das amostras de arroz pelos parâmetros de tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico, em amostras de grãos inteiros sem defeitos, processados pelos sistemas convencional e parboilizado.

Para a avaliação do rendimento em volume e da absorção de água na cocção, que corresponde ao rendimento gravimétrico (em peso) foi utilizada a metodologia calibrada no Laboratório de Grãos da UFPel, a qual consiste na avaliação de volume dos grãos de arroz antes da cocção e após esta. O rendimento volumétrico é obtido através da divisão do volume final, sem compressão dos grãos cozidos, pelo volume inicial do arroz cru.

O rendimento gravimétrico de cocção, que corresponde à absorção de água pelos grãos durante o cozimento, foi calculado pela diferença percentual entre os pesos do arroz cozido e da amostra crua. Testes preliminares foram feitos para se determinar a proporção ideal para o produto em estudo, a qual foi determinada para o processo de industrialização convencional a proporção de 2:1, e de 2,6:1 para a processo de industrialização por parboilização.

O volume inicial do arroz cru e o volume final do arroz cozido foram determinados através de medição, com paquímetro, das dimensões da massa de grãos contida na panela, sendo aplicada a equação do volume do cilindro, $\pi.r^2.h$, onde π é uma constante matemática igual a 3,14; r o raio do recipiente (panela); e h a altura ocupada pelo arroz nesse recipiente antes (hi) e após (hf) o cozimento. Conforme o volume inicial (Vi) e o final (Vf) do arroz foram calculados o rendimento volumétrico, expresso em percentagem (%), de acordo com a Equação 1.

$$Rv = \left(\frac{Vf}{Vi} \right) . 100$$

em que:

Rv = Rendimento volumétrico (%);

Vf = Volume final - arroz cozido (cm³);

Vi = Volume inicial - arroz cru (cm³).

Equação 1 – Rendimento volumétrico

O rendimento gravimétrico (Rg) foi determinado pelo quociente entre o peso final Pf (arroz cozido) e o inicial Pi (arroz cru), conforme Equação 2.

$$Rg = \left(\frac{Pf}{Pi} \right) . 100$$

em que:

Rg = Rendimento gravimétrico (%);

Pf = Peso final - arroz cozido (g);

Pi = Peso inicial - arroz cru (g).

Equação 2 – Rendimento gravimétrico

3.7 Perfil texturométrico

Utilizando o equipamento texturômetro modelo Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems, foram obtidos os parâmetros de perfil texturométrico do arroz cozido. Por ensaios preliminares foram adaptadas as metodologias propostas por Champagne (1998) e Lyon (2000).

As amostras submetidas à determinação do perfil de texturométrico foram selecionadas pelo critério de melhor desempenho no rendimento volumétrico, no comportamento de cocção, independentemente da temperatura de cocção e da proporção de água a que foram submetidas.

O procedimento de avaliação dos parâmetros de cocção e perfil texturométrico, ocorreu subsequente. Depois de finalizada a metodologia aplicada na cocção, foram selecionadas para a análise de textura as amostras que demonstraram melhor desempenho no rendimento volumétrico de cocção.

Permitindo operar com o texturômetro já programado e calibrado, em testes preliminares, era aguardada a estabilização da temperatura das amostras, mantidas nos recipientes de cocção.

Utilizando Placa de Petri, de vidro, em formato cilíndrico, com 50 milímetros de diâmetro e 10 milímetros de altura, 10 gramas de amostras foram cuidadosamente acondicionadas à placa. Foi utilizada para a transferência das amostras, do recipiente de cocção para a placa, com instrumentação flexível e não contundente, no intuito de evitar deformações nos grãos.

Em movimentos leves e horizontais a amostra, na placa era nivelada permitindo que o probe utilizado na compressão das amostras, em formato cilíndrico, com 45 milímetros de diâmetro, tivesse a maior área de contato possível com a amostra, minimizando diferenças de alturas no contato com os grãos, quando arranjados de forma aleatória.

O texturômetro foi configurado para comprimir a 60% do tamanho original da amostra de 10 gramas, com velocidade de teste de 1mm.s^{-1} e tempo entre compressões de 3 segundos.

As propriedades avaliadas no perfil texturométrico, e suas unidades de medida, são definidas analogamente em relação a uma descrição sensorial como:

- Firmeza (g) – força máxima requerida para comprimir a amostra numa dada percentagem pré-estabelecida;

- Mastigabilidade (N.mm) – número de mastigações necessárias para tornar o alimento com consistência adequada para ser engolido;
- Gomosidade (N) – energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido para um estado pronto de ser engolido, sem mastigar;
- Elasticidade (mm) – grau como o alimento retoma a sua forma após uma compressão parcial da língua contra os dentes ou céu da boca;
- Adesividade (J) – força necessária para remover o alimento que adere na língua, dentes e mucosas.

3.8 Preferência de reprodução e consumo pelo *Sitophilus* sp.

A preferência de consumo foi avaliada pelo método descrito por Piana 1993, com adaptações. Neste parâmetro foram avaliados o número de insetos e o consumo dos mesmos. Na avaliação de preferência foram utilizados *Sitophilus* sp. e uma “arena” onde foram dispostos os grãos de diferentes beneficiamentos. Sessenta dias após a infestação foi realizada a contagem de insetos em cada parcela, para avaliar a preferência para reprodução, e por diferença de peso o consumo dos insetos nas diferentes formas de apresentação dos grãos: em casca, integral e branco.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para possibilitar o estudo dos efeitos do sistema de secagem dos grãos nos métodos de beneficiamento convencional e por parboilização, é necessário estabelecer o comportamento hidrotérmica dos grãos utilizados no experimento.

Na Figura 8 são apresentadas as isotermas de hidratação do arroz ao longo na operação encharcamento com três temperaturas.

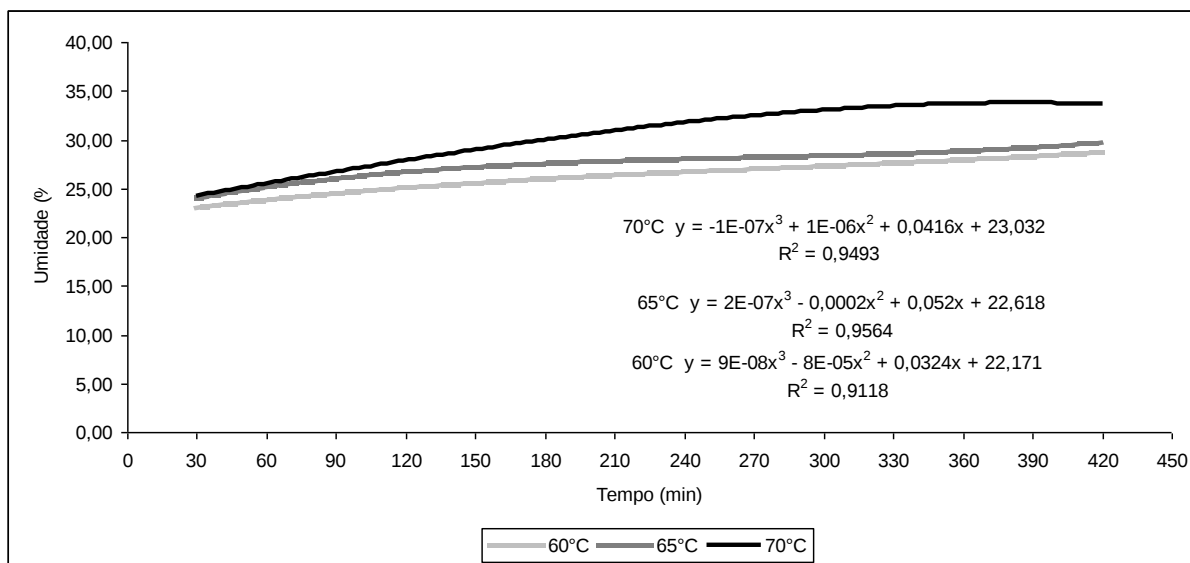


Figura 8 – Isotermas de hidratação.

Observa-se na Figura 8 que o arroz utilizado no estudo apresenta uma estabilidade de absorção de água aos 330 minutos de encharcamento. A análise dos grãos permitiu verificar ao final da operação e na posterior autoclavagem que nessa condição não há deformação dos grãos.

O comportamento do material está de acordo com a literatura. Para que o processo de parboilização seja satisfatório é necessário que o amido absorva o máximo possível de água na operação de encharcamento sem que ocorra deformação nos grãos, para possibilitar que ocorra a gelatinização do amido que se

completa na operação de autoclavagem (AMATO e ELIAS, 2005) ou nas estufas nos processos menos tecnificados (ELIAS et. al., 2009).

Na Tabela 4 são apresentados os teores de água dos grãos de arroz secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, sendo armazenados por doze meses em ambiente com temperatura reduzida em sistema de controle técnico operacional.

Tabela 4 - Umidade (%) dos grãos em casca, secados por três métodos e armazenados por doze meses sob resfriamento.

Métodos de Secagem	Arroz em casca	
	Meses de armazenamento	
	1º	12º
Intermitente clássica	a 13,3 A	a 13,1 A
Intermitente escalonada	a 13,4 A	a 13,0 A
Seca-aeração	a 13,5 A	a 13,0 A

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado na Tabela 4 para arroz em casca não houve diferença estatística nos teores de água entre os grãos submetidos aos diferentes métodos de secagem tanto no 1º como no 12º mês de armazenamento para nenhum dos métodos.

Este comportamento em relação à umidade ocorreu porque a umidade tem caráter dinâmico de equilíbrio higroscópico, acompanhando as condições do ambiente de armazenamento. Não houve variação de umidade no período de armazenamento porque os grãos foram mantidos em ambiente com controle ambiental de temperatura reduzida ($17\pm 1^\circ\text{C}$).

Nas Tabela 5 e 6 são apresentados os valores do peso de mil grãos e de peso volumétrico dos grãos secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, armazenados por doze meses e beneficiados pelo processo convencional de arroz branco e por parboilização.

Tabela 5 – Peso de mil grãos (g) e peso volumétrico (g) dos grãos de arroz natural em casca, secados por três métodos e armazenados por doze meses sob resfriamento.

Métodos de secagem	Peso de mil grãos		Peso volumétrico	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 22,71 A	a 22,51 A	a 553,1 A	a 478,75 A
Intermitente escalonada	a 22,84 A	a 22,48 A	a 547,6 A	a 473,22 A
Seca-aeração	a 22,69 A	a 22,68 A	a 547,4 A	a 473,85 A

Para o mesmo parâmetro, as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 6 – Peso de mil grãos (g) e peso volumétrico (g) dos grãos parboilizados em casca, secados pelos por métodos e armazenamento por doze meses sob resfriamento.

Métodos de secagem	Peso de mil Grãos		Peso volumétrico	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 22,53 ^a	a 22,65 A	a 412,8 A	a 410,9 A
Intermitente escalonada	a 22,86 A	a 22,66 A	a 415,1 A	a 411,6 A
Seca-aeração	a 22,74 A	a 22,57 A	a 411,9 A	a 411,9 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado nos dados apresentados nas Tabelas 5 e 6 para arroz natural em casca e parboilizado em casca, respectivamente, não houve diferenças nos pesos volumétricos e nos pesos de mil grãos em função do método de secagem e nem em função do tempo de armazenamento. Esse comportamento é decorrente do resfriamento, que reduziu o metabolismo dos grãos, diminuindo as perdas de massa que a literatura relata (FAGUNDES et. al., 2005).

Os valores do peso de mil grãos e de peso volumétrico nas Tabelas 5 e 6 não apresentaram diferença estatística para arroz branco e parboilizado. Este fato mostra que os métodos de secagem não ocasionam diferentes danos latentes nos grãos e o armazenamento em temperatura reduzida mantém a qualidade dos grãos. Os resultados são compatíveis com os relatados por Corrêa (2007)

Verificando-se os valores de peso volumétrico nas Tabelas 5 e 6 é possível observar que o peso volumétrico do arroz parboilizado é menor do que o arroz em casca natural. Isto ocorre porque processo de parboilização provoca diminuição da aderência da casca. Este fato também foi observado por Reddy (2004).

Nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 são apresentados, respectivamente, os percentuais do total de grãos inteiros, grãos com defeitos metabólicos e com defeitos não metabólicos, em arroz secado pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, os quais foram armazenados por doze meses sob resfriamento e posteriormente beneficiados pelos processos industriais de arroz branco e parboilizado.

Tabela 7 – Rendimento de grãos inteiros (%) em arroz, secado por três métodos, armazenados por doze meses sob resfriamento e beneficiados pelo processo convencional de arroz branco.

Métodos de secagem	Meses de armazenamento	
	1º	12º
Intermitente clássica	b 53,3 B	a 55,5 A
Intermitente escalonada	b 53,2 B	a 55,6 A
Seca-aeração	a 54,1 B	a 55,7 A

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 8 – Defeitos não metabólicos (%) e defeitos metabólicos (%) de arroz branco polido, secados pelos três métodos de secagem no período de armazenamento.

Métodos de secagem	Defeitos não metabólicos		Defeitos metabólicos	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 0,51 A	a 0,50 A	a 0,18 B	a 0,28 A
Intermitente escalonada	a 0,51 A	a 0,50 A	a 0,17 B	a 0,29 A
Seca-aeração	a 0,51 A	a 0,51 A	a 0,24 B	a 0,36 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 9 – Rendimento de grãos inteiros (%) em arroz parboilizado, secado por três métodos e armazenados sob resfriamento.

Métodos de Secagem	Meses de Armazenamento	
	1º	12º
Intermitente clássica	a 66,4 B	a 69,8 A
Intermitente escalonada	a 66,2 B	a 68,9 A
Seca-aeração	a 66,5 B	a 70,1 A

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 10 – Defeitos não metabólicos (%) e defeitos metabólicos (%) de arroz parboilizado, secados pelos três métodos de secagem no período de armazenamento.

Métodos de Secagem	Defeitos não Metabólicos		Defeitos Metabólicos	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 1,45 A	a 1,41 A	a 0,56 B	a 0,66 A
Intermitente escalonada	a 1,36 A	a 1,29 A	a 0,55 B	a 0,62 A
Seca-aeração	a 1,40 A	a 1,37 A	a 0,62 B	a 0,69 A

Para o mesmo parâmetro, as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Na Tabela 7 pode ser observado que no primeiro mês de armazenamento o rendimento de grãos inteiros resultantes do método de secagem por seca-aeração difere significativamente dos demais métodos. No décimo segundo mês de armazenamento os métodos se equilibram, não havendo mais diferenças nos rendimentos de grãos inteiros.

A superioridade inicial deste método sobre os demais se deve ao fato de ele possibilitar uma secagem mais branda e causando menores danos imediatos aos grãos. Decorridos doze meses de armazenamento, observa-se não mais haver diferenças significativas nos percentuais de grãos inteiros entre os três métodos de secagem. Esse comportamento difere dos relatados por Iguaz e Virseda (2006), sendo o resfriamento o ambiente de armazenagem, responsável pela manutenção da integridade física dos grãos nos doze meses estudados.

Cnossen e Siebenmorgen (2000), Aquerreta (2007), relatam que as trocas descontroladas de estado, devido ao uso de temperaturas superiores à temperatura de transição vítrea do arroz, são responsáveis pelo aumento de trincados e quebrados na secagem do grão em casca.

Observa-se nos dados da Tabela 8 que os defeitos não metabólicos não são influenciados pelo método de secagem e nem pelo tempo de armazenamento. Isso ocorre por eles serem de característica varietal, de clima e do manejo utilizado na lavoura, o que está de acordo com relatos da literatura (ELIAS, 2007).

Pode ser observado na Tabela 8 que os defeitos metabólicos não apresentaram diferenças significativas entre os métodos de secagem, entretanto no décimo segundo mês de armazenamento pode ser observada diferença entre o método por seca-aeração e os demais. Esse comportamento é semelhante ao relatado por Barbosa et. al. (2006), segundo os quais as condições de secagem a

que os grãos foram submetidos influenciam, de maneira significativa, as percentagens de defeitos de origem biológica. Observa-se, pelos dados da Tabela 8, que os aumentos nos defeitos metabólicos ocorridos, ainda que estatisticamente significativos, são percentualmente pequenos. As baixas temperaturas no armazenamento são responsáveis pelos baixos níveis de metabolismo ocorridos.

Na Tabela 9 pode ser observado que não há diferença significativa entre os métodos de secagem no primeiro e nem no décimo segundo mês de armazenamento, entretanto pode ser observada diferença estatística entre o primeiro e o décimo segundo mês de armazenamento para todos os métodos de secagem.

Na Tabela 10 pode ser observado que não há diferença significativa entre os métodos no primeiro e nem no décimo segundo mês de armazenamento para os defeitos não metabólicos. Este fato ocorre, porque estes defeitos são originários de características genéticas, do manejo no campo e no processo de parboilização.

Observando-se os dados dos defeitos metabólicos na Tabela 10 é possível verificar que o armazenamento ocasiona influencia negativamente, pois aumenta o percentual de defeitos metabólicos.

Os maiores valores exibidos no décimo segundo mês de armazenamento são de ocorrências das ações de enzimas e microrganismos que se beneficiam das condições de encharcamento para degradar o grão e tornar mais visível este defeito que demoraria um período de tempo maior em condições de umidade e temperatura ambientais.

O fato de não ocorrer diferença entre o método de secagem por seca-aeração e os demais, como observado no beneficiamento branco polido, é devido ao processo de parboilização que acelera na operação de encharcamento os processos metabólicos que ocorrem no grão durante o armazenamento.

O aumento no rendimento dos grãos não parboilizados após o 1º mês de armazenamento é devido ao rearranjo interno dos grãos após período de temperagem, e estão de acordo com os resultados de German Elbert (2001)

Nas Tabelas 11 e 12, respectivamente para arroz branco e parboilizado, os valores de brancura, transparência e grau de polimento em arroz secado pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, os quais foram armazenados por doze meses sob resfriamento e posteriormente beneficiados pelos processos industriais de arroz branco e parboilizado.

Tabela 11 – Parâmetros do perfil branquimétrico dos grãos de arroz, secados por três métodos, armazenados sob resfriamento antes de serem beneficiados pelo processo industrial convencional do branco polido.

Métodos de Secagem	Brancura		Transparência		Grau de Polimento	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 41,10 A	a 42,72 A	a 3,58 A	a 3,05 A	a 105,80 A	a 108,80 A
Intermitente escalonada	a 41,12 A	a 42,85 A	a 3,53 A	a 3,06 A	a 105,40 A	a 109,11 A
Seca-aeração	a 41,72 A	a 42,93 A	a 3,58 A	a 3,05 A	a 106,40 A	a 109,00 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 12 – Parâmetros do perfil branquimétrico dos grãos de arroz, secados por três métodos, armazenados sob resfriamento antes de serem beneficiados pelo processo industrial de parboilização.

Métodos de Secagem	Brancura		Transparência		Grau de Polimento	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	A 21,58 A	a 20,78 A	a 3,20 A	a 3,20 A	a 16,33 A	a 16,30 A
Intermitente escalonada	A 21,50 A	a 20,73 A	a 3,20 A	a 3,24 A	a 16,50 A	a 16,50 A
Seca-aeração	A 21,58 A	a 20,68 A	a 3,21 A	a 3,24 A	a 16,33 A	a 16,30 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando os valores na Tabela 11 e 12 pode-se verificar que o método de secagem não influenciou no índice de brancura, na transparência e nem no grau de polimento, não havendo diferença significativa entre os métodos de secagem no primeiro e nem no décimo segundo mês. Resultados similares aos relatados por Madamba (2005) e Saleh (2007)

Observando os valores na Tabela 12 pode-se verificar que à semelhança do que ocorreu nos grãos brancos (Tabela 11), o método de secagem não influenciou nos parâmetros do perfil branquimétrico do arroz parboilizado, bem como não há diferença significativa entre os períodos de armazenamento para estes parâmetros. Os resultados de perfil branquimétrico são similares aos encontrados por Lamberts (2008)

A observação conjunta dos valores das Tabelas 11 e 12 mostra que embora os comportamentos em relação aos efeitos do método de secagem e do período de armazenamento sejam similares no arroz branco e no parboilizado os valores para os parâmetros brancura e grau de polimento são muito maiores nos grãos beneficiados pelo processo convencional do que por parboilização. Os valores para transparência são semelhantes.

Os efeitos da gelatinização e da retrogradação do amido (AMATO e ELIAS, 2005) e da reestruturação interna que ocorrem nos grãos na parboilização explicam as acentuadas diferenças de valores nos parâmetros brancura e grau de polimento encontrados nos grãos de arroz branco (Tabelas 11) e parboilizado (Tabela 12).

As diferenças dos valores citados (Tabelas 11 e 12) refletem o que acontece nas indústrias de beneficiamento de arroz, onde o polimento do arroz branco geralmente produz de 7 a 11% de farelo enquanto o do arroz parboilizado se situa entre 4 a 7%, conforme Elias et. al. (2009).

Nas Tabelas 13 e 14 são apresentados os percentuais de proteína bruta, cinza e óleo, respectivamente, para arroz branco e parboilizado dos grãos de arroz que foram secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, armazenados sob condições de resfriamento antes de serem beneficiados pelo respectivo processo industrial.

Tabela 13 – Percentagem de proteína bruta, minerais e de óleo dos grãos de arroz, secados por três métodos de secagem, armazenados e beneficiados pelo processo industrial branco polido.

Métodos de Secagem	Proteína Bruta		Minerais		Óleo	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 8,2 A	a 8,3 A	a 0,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A
Intermitente escalonada	a 8,3 A	a 8,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A
Seca-aeração	a 8,4 A	a 8,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A	a 0,4 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 14 – Percentagem de proteína bruta, de minerais e de óleo dos grãos de arroz, secados por três métodos de secagem, armazenados e beneficiados pelo processo industrial parboilizado.

Métodos de Secagem	Proteína Bruta		Minerais		Óleo	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 9,1 A	a 9,4 A	a 0,6 A	a 0,8 A	a 1,0 A	a 1,0 A
Intermitente escalonada	a 9,0 A	a 9,3 A	a 0,6 A	a 0,8 A	a 0,9 A	a 1,0 A
Seca-aeração	a 9,0 A	a 9,4 A	a 0,6 A	a 0,8 A	a 1,0 A	a 1,0 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando os valores das Tabelas 13 e 14 pode-se verificar que não há diferença significativa entre os métodos de secagem para os parâmetros de conservabilidade como de percentagem de proteína bruta, cinza e óleo, bem como não pode ser verificado diferença estatística entre os períodos de armazenamento. Os valores apresentados nas Tabelas 13 e 14 são similares dos relatados por Heinemann (2005).

Na Tabela 15 são apresentados, respectivamente para arroz branco e parboilizado os valores da acidez da gordura dos grãos de arroz que foram secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, armazenados sob resfriamento antes de serem beneficiados pelos processos industriais de arroz branco e parboilizado.

Tabela 15 – Percentagem acidez do óleo dos grãos de arroz, secados por três métodos de secagem, armazenados e beneficiados pelo processo industrial branco polido.

Métodos de Secagem	Arroz branco		Arroz parboilizado	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 0,23 B	a 0,42 A	a 0,53 B	a 0,91 A
Intermitente escalonada	a 0,27 B	a 0,40 A	a 0,55 B	a 0,92 A
Seca-aeração	a 0,27 B	a 0,41 A	a 0,54 B	a 0,90 A

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os valores da Tabela 15 verifica-se que os métodos de secagem não diferenciaram, entretanto o período de armazenamento e método de beneficiamento industrial influenciaram significativamente na acidez do óleo. Isto se deve a ação de enzimas que degradam o óleo já que esta é a parte mais reativa dos grãos. Os resultados são similares aos relatados por Silva (2006) de Amarasinghe (2009)

A observação dos dados da Tabela 15 permite verificar que os valores de acidez do óleo são maiores nos grãos beneficiados por parboilização do que nos brancos, tanto no primeiro como no sexto mês de armazenamento. O encharcamento, por mais de 4 horas com temperatura em geral entre 60 e 75°C estimula a ação das enzimas, em especial da lipase (AMATO e ELIAS, 2005), é o maior responsável pelo comportamento observado.

Nas Tabelas 16 e 17, respectivamente para arroz branco e parboilizado são apresentados os tempos de cocção, os rendimentos gravimétricos e volumétricos dos grãos que foram secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, armazenados em ambiente refrigerado e posteriormente beneficiados pelo devido processo.

Tabela 16 – Parâmetros de cocção em grãos secados por três métodos de secagem, armazenados sob condições de refrigeração e beneficiados pelo processo industrial de arroz branco.

Métodos de Secagem	Tempo de Cocção (min)		Rendimento Gravimétrico (%)		Rendimento Volumétrico (%)	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 17 A	a 18 A	a 287,39 A	a 294,10 A	a 288,78 A	a 297,46 A
Intermitente escalonada	a 18 A	a 18 A	a 279,74 A	a 280,55 A	a 293,87 A	a 302,80 A
Seca-aeração	a 18 A	a 19 A	a 272,29 A	a 293,07 A	a 294,40 A	a 307,73 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 17 – Parâmetros de cocção em grãos secados por três métodos de secagem, armazenados sob condições de refrigeração e beneficiados pelo processo industrial de parboilização.

Métodos de Secagem	Tempo de Cocção (min)		Rendimento Gravimétrico (%)		Rendimento Volumétrico (%)	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 25 A	a 30 A	a 375,43 A	a 321,50 B	a 340,95 A	a 311,76 B
Intermitente escalonada	a 25 A	a 30 A	a 367,71 A	a 303,46 B	a 343,90 A	a 313,45 B
Seca-aeração	a 26 A	a 30 A	a 356,25 A	a 318,01 B	a 344,59 A	a 312,95 B

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando os valores das Tabelas 16 e 17 pode-se verificar que os métodos de secagem não promoveram diferenças no primeiro e nem no décimo segundo mês de armazenamento para os parâmetros de tempo de cocção, rendimento gravimétrico e volumétrico. Esses comportamentos permitem verificar que há equivalência entre as drasticidades térmica dos métodos de secagem intermitente escalonada e por seca-aeração com o método intermitente clássica e que o uso de resfriamento durante o armazenamento manteve em níveis baixos.

Observando os valores da Tabela 17 verifica-se que não há diferença significativa na análise estatística do tempo de cocção entre os métodos de secagem e entre os períodos de armazenamento.

É possível também verificar na Tabela 17 através dos dados apresentados que os métodos de secagem não diferiram significativamente no primeiro bem como no décimo segundo mês de armazenamento para o arroz beneficiado pelo processo industrial parboilizado, entretanto o período de armazenamento afetou significativamente o rendimento gravimétrico e volumétrico para todos os métodos de secagem. Os resultados obtidos estão compatíveis com os relatados por Gularte (2004) e Morás (2005).

Nas Tabelas 18, 19, 20 e 21 respectivamente para arroz branco e parboilizado são apresentados os parâmetros textuométricos, firmeza, adesividade, gomosidade, mastigabilidade e elasticidade os dos grãos que foram secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração,

armazenados em ambiente refrigerado, beneficiados pelos processos industriais branco e parboilização, após cozimento dos grãos.

Tabela 18 – Firmeza (g) e adesividade (J) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial branco polido que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.

Métodos de secagem	Firmeza (g)		Adesividade (J)	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 3615,3 A	a 1651,3 B	a -13,01 A	a -13,77 A
Intermitente escalonada	a 3565,5 A	a 1743,9 B	a -14,62 A	a -11,76 A
Seca-aeração	a 3308,0 A	a 1471,9 B	a -13,38 A	a -11,93 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 19 – Gomosidade (N), mastigabilidade (N.mm) e elasticidade (mm) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial branco polido que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.

Métodos de secagem	Gomosidade (N)		Mastigabilidade (N.mm)		Elasticidade (mm)	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 1776,6 A	a 817,9 B	a 1044,3 A	a 372,27 B	a 0,27 A	a 0,26 A
Intermitente escalonada	a 1735,8 A	a 875,4 B	a 1033,9 A	a 477,29 B	a 0,28 A	a 0,27 A
Seca-aeração	a 1722,1 A	a 779,2 B	a 1030,4 A	a 308,21 B	a 0,27 A	a 0,26 A

Para o mesmo parâmetro as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 20 – Firmeza (g) e adesividade (J) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial parboilizado que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.

Métodos de secagem	Firmeza (g)		Adesividade (J)	
	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 4153,1 A	a 3061,3 B	a -1,92 A	a -3,89 A
Intermitente escalonada	a 3425,0 A	a 2704,6 B	a -2,43 A	a -2,89 A
Seca-aeração	a 3330,3 A	a 2233,6 B	a -1,86 A	a -3,70 A

Para o mesmo parâmetro, as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 21 – Gomosidade (N), mastigabilidade (N.mm) e elasticidade (mm) dos grãos de arroz cozidos e beneficiados pelo processo industrial parboilizado que foram secados por três métodos de secagem e armazenados.

Métodos de secagem	Gomosidade (N)		Mastigabilidade (N.mm)		Elasticidade (mm)	
	1º	12º	1º	12º	1º	12º
Intermitente clássica	a 2600,8 A	a 1456,7 B	A 1397,7 A	a 1262,1 A	a 0,38 A	a 0,33 B
Intermitente escalonada	a 2525,4 A	a 1537,3 B	a 977,5 A	a 806,8 A	a 0,37 A	a 0,33 B
Seca-aeração	a 2275,9 A	a 1134,1 B	A 1389,6 A	a 1168,5 A	a 0,37 A	a 0,31 B

Para o mesmo parâmetro, as médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando valores da Tabela 18 e 19 é possível verificar que os métodos de secagem, no arroz branco, a firmeza (Tabela 18) a gomosidade e a mastigabilidade (Tabela 19) não promoveu diferença no primeiro e nem no décimo segundo mês armazenamento, entretanto o período de armazenamento promoveu diferença para os grãos secados pelos três métodos, diferentemente do que acontece com a adesividade (Tabela 18) e a elasticidade (Tabela 19) não sofreram influencia dos métodos de secagem e nem do período de armazenamento. Os resultados dos parâmetros texturométricos são similares aos encontrados por Champagne et. al. (1998)

Para o arroz beneficiado pelo processo de parboilização, é possível verificar que a firmeza (Tabela 20), a gomosidade e a elasticidade (Tabela 21) foram afetadas pelo tempo de armazenamento e foram afetadas pelo método de secagem, enquanto a adesividade (Tabela 20) e a mastigabilidade (Tabela 21) não foram afetadas pelo método de secagem e nem pelo tempo de armazenamento. Os resultados encontrados estão de acordo com os relatados por Bello et. al. (2006)

Nas Tabelas 22 e 23 é apresentada à incidência de *Sitophilus* sp. e nas Tabelas 24 e 25 é apresentado o consumo pela população desse inseto nas amostras dos grãos secados pelos métodos intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração, no arroz em casca, integral, branco no primeiro e no décimo segundo mês de armazenamento.

Tabela 22 – Incidência proporcional de ataque de *Sitophilus* sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por um mês, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.

Métodos de secagem	Forma de apresentação/Incidência (%)		
	Arroz com casca	Arroz integral	Arroz branco
Intermitente clássica	a 10,0 B	a 16,8 A	a 5,8 C
Intermitente escalonada	a 10,2 B	a 16,3 A	a 6,2 C
Seca-aeração	a 9,8 B	a 17,5 A	a 7,4 C

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 23 – Incidência proporcional de ataque de *Sitophilus* sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por doze meses, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.

Métodos de secagem	Forma de apresentação/Incidência (%)		
	Arroz com casca	Arroz integral	Arroz branco
Intermitente clássica	a 10,1 B	a 16,4 A	a 6,5 C
Intermitente escalonada	a 9,7 B	a 16,3 A	a 6,7 C
Seca-aeração	a 10,0 B	a 16,4 A	a 7,1 C

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 24 – Consumo por *Sitophilus* sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por um mês, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.

Métodos de secagem	Forma de apresentação/Consumos (g)		
	Arroz com casca	Arroz integral	Arroz branco
Intermitente clássica	a 2,60 C	a 62,15 A	a 16,32 B
Intermitente escalonada	a 2,57 C	a 62,71 A	a 15,94 B
Seca-aeração	a 2,67 C	a 62,03 A	a 17,25 B

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 25 – Consumo por *Sitophilus* sp. nos grãos secados por três métodos antes do armazenamento por doze meses, sob resfriamento em três formas de apresentação do arroz.

Métodos de secagem	Forma de apresentação/Consumos (g)		
	Arroz com casca	Arroz integral	Arroz branco
Intermitente clássica	a 2,59 C	a 63,50 A	a 15,10 B
Intermitente escalonada	a 2,45 C	a 63,33 A	a 16,35 B
Seca-aeração	a 2,70 C	a 62,93 A	a 17,28 B

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados apresentados nas Tabelas 22 a 25 é possível verificar que o método de secagem e o tempo de armazenamento não afetam a preferência pelos insetos para reprodução e nem o consumo desses insetos, diferentemente do que ocorre em relação à forma com que o grão é armazenado.

A maior preferência é pelo arroz integral, seguindo-se o arroz branco inteiro, ficando a menor preferência com o arroz em casca. A facilidade de o inseto obter o alimento sem a necessidade de perfurar a casca do grão pode ser a causa da menor preferência pelo arroz em casca.

Além do maior valor nutritivo do arroz integral, este possui odor mais acentuado, e esse pode ser outro fator de preferência. Segundo Phillips et al., 1993 e Nawrot et al., 1995 o processo de seleção dos alimentos pelos insetos geralmente envolve estímulos químicos, como atrativos da fase de vapor e de substâncias voláteis o que pode ser essencial para a estimulação do consumo de alimentos. O arroz descascado, pela maior reatividade em consequência da maior exposição ao ar tem tendência a liberar estes voláteis com maior facilidade.

O polimento do arroz remove, no farelo, as camadas mais periféricas da cariopse, onde são encontrados o gérmen e as maiores concentrações de vitaminas, minerais e gordura, que são as mais reativas, fazendo com que arroz integral tenha metabolismo mais intenso do que o branco, e ambos tenham maior intensidade metabólica do que o grão quando ainda está com a casca, a qual funciona como uma proteção natural da cariopse, diminuindo as ações dos componentes que acompanham o ar, como vapores de água, oxigênio e outros, diminuindo, assim, a reatividade dos grãos e as ligações de substâncias de peso molecular menor.

5. CONCLUSÕES

- a) Os métodos de secagem intermitente clássica, intermitente escalonada e por seca-aeração apresentam similaridades de efeitos nos parâmetros físicos, de desempenho industrial e de cocção, tanto para industrialização por processo convencional de arroz branco como por parboilização.
- b) A parboilização e o aumento do tempo de armazenamento provocam intensificação na incidência de grãos com defeitos, na acidez do óleo e na coloração no arroz, independentemente do método de secagem utilizado.
- c) Os parâmetros texturométricos são afetados pelo decorrer de armazenamento e pelo processo de industrialização, independentemente do método de secagem.
- d) O armazenamento em ambiente com temperaturas reduzidas preserva a qualidade do arroz por pelo menos um ano.
- e) O inseto *Sitophilus* sp. tem maior preferência para sua reprodução e pelo consumo de grãos de arroz integral do que pelos grãos com casca e grãos polidos, nesta ordem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIAP - Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado. **Arroz Parboilizado**. Disponível em: <<http://www.abiap.com.br>>. Acessado em: Outubro de 2008.

ABUD-ARCHILA, M., COURTOIS, F. BONNAZI, C., BIMBENET, J. J. Processing quality of rough rice during drying. **Journal of Food Engineering**, v.45, n.3, p.161-179, 2000.

AMARASINGHE, B.M.W.P.K., KUMARASIRI, M.P.M., GANGODAVILAGE, N.C. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. **Food and Bioproducts Processing**. V 87, p. 108–114, 2009

AMATO, G. W.; ELIAS, M.C. **A Parboilização do Arroz**. 1. ed. Porto Alegre: Ricardo Lenz Editor, 2005. v. 1. 160 p.

AMATO, G.W.; CARVALHO, J.L.V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz Parboilizado: Tecnologia Limpa, Produto Nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002, 240p.

AOAC – **OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS**. 16th ed., Washington, DC, 1997.

AOCS – American Oil Chemists' Society. **Official and tentative methods of the American Oils Chemists' Society**, Champaign, IL., 1992.

AOSANI, Elvio. **Efeitos da temperatura do ar de secagem e das condições de armazenamento sobre a conservabilidade de grãos de soja**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

AQUERRETA, J.; IGUAZ, A.; ARROQUI, C.; VÍRSEDA, P. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. **Journal of food engineering**, v.80, p. 611-618, 2007.

BARBOSA, F. F.; ELIAS, M. C.; FAGUNDES, C. A. A.; PEREIRA, F. M.; RADÜNZ, L. L. Efeitos das secagens estacionária e intermitente e do tempo de armazenamento no desempenho industrial de grãos de arroz. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.30, n.1, p.83-90, 2005.

BARBOSA, F. F.; MILMAN, M. J. M.; FAGUNDES, C. A.; MARTINS, I. G.; SCHOWNKE, O. N.; NETO, A.C.C.; PETER, M. Z.; ELIAS, M.C. Effect of Stationary and Intermittent Drying on Latent Damages in Rice Grains Stored. In: 9TH INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 2006, Campinas. **Proceedings...** ABRAPÓS, 2006.

BELLO, M.; BAEZA, R.; TOLABA, M.P.; Quality characteristics of milled and cooked rice affected by hydrothermal treatment, **Journal of Food Engineering**. V. 72 p. 124–133, 2006.

BOEMEKE, Luiz Roberto da Silva. **Desempenho energético e qualidade de grãos nas secagens estacionária e intermitente de arroz**. 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma de classificação, embalagem e marcação do arroz. Instrução normativa Nº 6**, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 3. 2009.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450p.

CALDERWOOD, D. L., **Systems for drying of rice**. In: HALL, C. W. Drying and storage of agricultural crops. Westport : Connecticut, 1980. p. 68-91.

CANEPELE, C. ; HARA, C. C. T. ; CAMPELO JUNIOR, Jose Holanda . **Simulacao De Secagem De Arroz (Oryza Sativa L.) Em Secadores Por Conveccao Natural**. Rev. Brasileira De Armazenamento, V. 17, N. 1, P. 43-45, 1992.

CHAMPAGNE, E. T., et al. "Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice." **Cereal Chemistry**. V. 75.n. 2: p. 181-86,1998.

CNOSSEN, A.G. & SIEBENMORGEN, T.J. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: effect on milling quality. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, Michigan: ASAE – Paper 4306, 1661, 2000.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. In: Acompanhamento de safra brasileira : **Grãos, décimo levantamento, julho/2009** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2009. 39 p.

CORRÊA, P.C.; DA SILVA, F. S.; JAREN, C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; ARANA, I.. Physical and mechanical properties in rice processing. **Journal of Food Engineering**. V. 79 p. 137–142, 2007

CRUZ, L.H.M.P. **Ácidos orgânicos e tratamentos hidrotérmicos na conservação do arroz**. Pelotas: UFPEL, 2001. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CUNHA, O.P. da. **Experiências com um sistema de seca-aeração**. Panambi, RS.: Kepler Weber, 1980. 15 p.

DA SILVA, M. A., C. SANCHES, AND E. R. AMANTE. "Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran." **Journal of Food Engineering**. V. 75.n. 4: p. 487-491, 2006.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P.; STORCK, C.R.;NÖRNBERG, J.L. Mineral composition of brown,parboiling and white rice cultivars. **Alim. Nutr.**, Araraquara,v. 15, n. 2, p. 125-130, 2004.

DENARDIN, C.C.; WALTER, M.; SILVA, L.P. Influência do beneficiamento na composição nutricional em farelo de arroz. II SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ. **Anais...**Pelotas: Abrapós, 2005, 660p.

DEVILLA, I. A.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M. de; DAMASCENO, G. S. ; REIS, F. P.; Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aeração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 3, n. 2, p. 211-215, 1999.

ELBERT, G.; TOLABA, M.P.; SUÁREZ, C.; Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. **Journal of Food Engineering**. V. 47 p. 37-41, 2001.

ELIAS, M. C.; DIAS. A. R. G.; OLIVEIRA, M.; SCHIAVON, R. A.; PRESTES, D. N.; **Atualização tecnológica em análises de qualidade de grãos**. 1º ed. Pelotas: Editora e Gráfica Santa Cruz, 2009 143 p.(Texto didático)

ELIAS, M. C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. 1. ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPEL, 2007. v. 1. 424 p.

ELIAS, M.C. **Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado**. Pelotas, 1998. 164f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 367p.

ELIAS, M.C. **Secagem e armazenamento de grãos, em média e pequena escala**. 1 ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2000.156p.

ELIAS, M.C. **Tecnologias para armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas**. 3ª Ed. Pelotas: Editora Universitária da UFPel, 2002. 218p.

ELIAS, M.C.; BARBOSA, F. F.; KROLOW, W.S.; NEVES, F.M.; CELLA, G.; GULARTE, M.A. Grain quality and energy consumption by evaluation intermittent methods of rice drying. In: 9TH INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 2006, Campinas. **Proceedings: ABRAPÓS**, 2006.

FAGUNDES, C. A. A.; ELIAS, M. C. ; BARBOSA, F. F.; **Desempenho industrial de arroz secado com ar aquecido por queima de lenha e glp**. Revista Brasileira de Armazenamento, v. 30, p. 8-15, 2005.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://fao.org>. Acesso em: Março de 2010.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **International year of rice. Rice is life**. Disponível em: <http://www.rice2004.org>, Acesso em: Abril de 2008.

FARONI, L. R. D. **Determinação do rendimento do arroz (cultivar Ir 841) após a secagem às temperaturas de 50, 60 e 70°C, para períodos de repouso de 30, 60, 120 e 180 minutos**. 1983. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FOSTER, G. H. **Moisture changes during aeration of grain**. Transactions of the ASAE, 10(3): 344-347, 1967.

FRANCO, D.F.; PETRINI, J.A. Secagem de arroz. **Comunicado Técnico 145**. Embrapa Clima Temperado.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação. 2004. 899p.

GONÇALVES, P.R.; ELIAS, M.C.; RODRIGUES, M.R.A.; CHAGAS, C.D.; BRISOLARA, G.F.; ZIEMERMAN, M.A. Perfil cromatográfico dos ácidos graxos em arroz. II SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 2005, Pelotas, **Anais...** Abrapós, 2005.

GULARTE, M.A. Arroz: **Propriedades de consumo e preferências do consumidor**. Disponível em: www.congressorizicola.org.br, 2004. Acessado em 2009

GULARTE, M.A. **Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz**. 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e

Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2005.

GWINNER, J.; RÜDIGER, H.; MÜCK, O. **Manual sobre prevenção das perdas de grãos no pós-colheita**. Projeto de proteção dos produtos armazenados do Ministério Federal da Cooperação Econômica e de Desenvolvimento (BMZ) da República Federal da Alemanha. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn - FRG, 1997. 143p.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. **Seed Science & Technology**., v.1, n.2, p. 453-61, 1973.

HEINEMANN, R.J.B.; BEHRENS, J.H.; LANFER-MARQUEZ, U.M. A study on the acceptability and consumer attitude towards parboiled rice. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 40, p. 1-8, 2006.

HELBIG, E. **Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz**. 2007. 135f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

HELBIG, E.; DIAS, A.R.G.; TAVARES, R.A.; SCHIRMER, M.A.; ELIAS, M.C. Arroz parboilizado: efeito na glicemia de ratos Wistar. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. V. 58, p. 149 – 155, 2008

HOSENEY, R.C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Editoria Acribia, S.A.. Zaragoza. España, 1991. 320p.

IGUAZ, A.; VÍRSEDA, P. Moisture desorption isotherms of rough rice at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, Article in press, 2006.

IRGA – **Instituto Riograndense do Arroz**. Disponível em: <http://irga.rs.gov.br>. Acesso em: Junho de 2008.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. **The rice grain and its gross composition**. In: JULIANO, B.O. (Ed.). Rice: chemistry and technology. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap.2, p.17-57.

KUNZE, O. R.; CALDERWOOD, D. L., **Systems of drying of rice**. In: HALL, C.W. Drying and storage of agricultural crops. Westport: Connecticut, 1980. p.68-91.

LAMBERTS, L.; BRIJS, I.R.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J.A. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**. V. 110 p. 916–922, 2008

LASSERAN, J. C. Princípios gerais da secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**. v.1, N.3, p.17-46, 1978.

LAZZARI, S.M.N.; KARKLE, A.F. e LAZZARI, F.A.. **Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico**. *Rev. Bras. entomol.* 2006, vol.50, n.2, pp. 293-296.

LORINI, I. ; Francisco Carlos Krzyzanowski ; França-Neto, J. B. ; Henning, A. A. . Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Informativo Abrates**, v. 19, p. 21-28, 2009.

LUZ, M. L. G. S. ; ELIAS, M. C.. **Avaliação do Tempo de Temperagem para Arroz Parboilizado**. Revista Lavoura Arrozeira, Porto Alegre -RS - Brasil, v. 46, n. 409, p. 3-7, 1993.

LYON, B. G., et al. "Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices." **Cereal Chemistry**. V. 77.n.1 p.64-69, 2000.

MACKENZIE, B. A.; FOSTER, G. H.; BOYES, R. T. & TOMPSON, R. A. Better orn quality with high speed drying. **Dryeration**. West Lafayette, ind., 1967, 19 p. (Extension Service AE-72).

MADAMBA, P.S.;YABES, R.P.; Determination ofthe optimum intermittent drying conditions for rough rice (*Oryza sativa*, L.). **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** V.38 p. 157–165, 2005

MAIER, D. E. Chilled Air Grain Concitioning and Pest Management. **Association of Operative Millers – Bulletin**, Salt Lake Cite, Utah, p. 6655-6663, dec. 1995.

MARTINEZ, C. Y CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia de estudo**. Cali: CIAT, 1989, 75p.

MENEGHETTI, V. L.. **Parâmetros industriais e qualidade de consumo do arroz na secagem e no armazenamento.** - Pelotas, 2008. 92f. Dissertação (Mestrado).

MILMAN, M. J.. **Equipamentos para Pré-Processamento de Grãos.** Pelotas: Editora Gráfica Universitária da Universidade Federal de Pelotas,.V. 200. p. 206, 2002

MORÁS, A. **Terra de diatomácea no controle de pragas de arroz armazenado e seu efeito nas características de consumo.** 2005. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)- Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MOTTA, W. A.; VILLELA, F. A.; ZIMMER, G. J. Adaptação do método contínuo de secagem para sementes de arroz. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1019-1025, 1999

NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management.** New York: crc press, 2002. 647 p.

NAWROT, J., WINIECKI, Z., SZAFRANEK, J., MALINSKI, E., HARMATHA, J., **Search for natural antifeedant and attractants for stored product pests.** In: Proceedings of International forum on Stored Product Protection and Post-harvest Treatment of Plant Products, Strasbourg, France, pp. 149±164, 1995.

NEVES, M.J.B.; FORTES, M; MOREIRA, S.M.C. e PINHEIRO FILHO, J.: Simulacao físico-matemática do processo de seca-aeracao. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Vol..8, Nº 1 e 2, Vicosa, Brasil, 1983.

PHILLIPS, T.W., JIANG, X.L., BURKHOLDER, W.E., PHILLIPS, J.K., TRAN, H.Q.,. **Behavioural responses to food volatiles by two species of stored-product Coleoptera, Sitophilus oryzae (Curculionidae) and Tribolium castaneum (Tenebrionidae).** Journal of Chemical Ecology 19, 723±734, 1993.

PIANA, C.F.D. & LORINI, I. (1993) **Suscetibilidade de genótipos de trigo, de triticale e de centeio a Rhyzopertha dominica e a Sitophilus spp., pragas de grãos armazenados.** In Anais Simpósio de Proteção de Grãos Armazenados 1. Passo Fundo, RS. P. 136.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666p.

REDDY, B. S. AND A. CHAKRAVERTY. "Physical properties of raw and parboiled paddy." **Biosystems Engineering** 88.4 (2004): 461-66.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; MARTINAZZO, A. P.; RIBEIRO, R. M. **Contração volumétrica na difusão líquida durante o processo de secagem do arroz em casca**. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 163-171, 2005.

ROMBALDI, César Valmor. **Condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade industrial do arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1988. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SALEH, M. I. AND J. F. MEULLENET. "Effect of moisture content at harvest and degree of milling (based on surface lipid content) on the texture properties of cooked long-grain rice." **Cereal Chemistry**. V.84.n.2 p. 119-124, 2007.

SANTOS, Geverson Lessa. **Manejo térmico no tempo de secagem, na eficiência energética e nas características industriais e de consumo do arroz**. 2004. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCOLARI, D. D. G.. **Inovação tecnológica e desenvolvimento do agronegócio**. Revista de Política Agrícola, v. 4, p. 10-11, 2006.

SHEI, H. J.; CHEN, Y. L. Thin layer models for intermittent drying of rough rice. St. Paul, **Journal of food engineering**. v.76, n.4, p. 577- 581, jul.-aug.1999.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, p. 161, 2007.

TALBOT, M.T. **Grain Drying and Storage on Florida Farms Aricultural and Biological Engineering**. University of Florida, 13 p.,2003.

ZANÃO, C.F.P., CANNIATTI-BRAZACA, S.G.C.; PIVA, C.P.; ARTHUR,V.; SARMENTO, S.B.S. Avaliação das características nutricionais do arroz comum (*Oryza Sativa* L.) Irradiado. II CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ E VIII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: - RENAPA, 2006. 1 CD ROM