

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Dissertação

**QUALIDADE INDUSTRIAL E PROPRIEDADES DO AMIDO DE
GRÃOS DO COLMO PRINCIPAL E DOS PERFILHOS DE GENÓTIPOS
DE ARROZ**

DEJALMO NOLASCO PRESTES
Engenheiro Agrônomo

Pelotas, 2013

DEJALMO NOLASCO PRESTES
Engenheiro Agrônomo

**QUALIDADE INDUSTRIAL E PROPRIEDADES DO AMIDO DE
GRÃOS DO COLMO PRINCIPAL E DOS PERFILHOS DE GENÓTIPOS
DE ARROZ**

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

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Alvaro Renato Guerra Dias – FAEM - UFPel

Pesq. Dr. Daniel Fernandez Franco – CPACT - EMBRAPA

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
2013

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

P936q Prestes, Dejalmo Nolasco
QUALIDADE INDUSTRIAL E PROPRIEDADES DO AMIDO DE
GRÃOS DO COLMO PRINCIPAL E DOS PERFILHOS DE GENÓTIPOS
DE ARROZ / Dejalmo Nolasco Prestes; Alvaro Renato
Guerra Dias, orientador; Daniel Fernandez Franco,
co-orientador. - Pelotas, 2013.
85 f.: il.

Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos),
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade
Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.oryza sativa L.. 2.cocção. 3.arroz híbrido.
4.híbridos. 5.qualidade industrial. I. Dias, Alvaro
Renato Guerra, orient. II. Franco, Daniel Fernandez,
co-orient. III. Título.

CDD: 633.18

Catálogo na Fonte: Gabriela Machado Lopes CRB:10/1842
Universidade Federal de Pelotas

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Alvaro Renato Guerra Dias - FAEM – UFPel
Prof. Dr. Fabrizio da Fonseca Barbosa - CCQFA - UFPel
Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer - FAEM - UFPel
Prof. Dr. Maurício de Oliveira - FAEM - UFPel

Aos meus pais,
Dialmo e Enedina (*in memoriam*),
à minha esposa, meus filhos, meus
netos e irmãos.
dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Álvaro Renato Guerra Dias, pela orientação, amizade, e valiosa dedicação, sempre repassada com objetividade.

Ao Pesq. Dr. Daniel Fernandez Franco – CPACT – EMBRAPA e sua equipe pela valorosa orientação e ajuda na implantação do experimento.

Ao professor Dr. Manoel Artigas Schirmer, sem palavras.

Ao professor Dr. Moacir Cardoso Elias, pelos ensinamentos e amizade.

Aos demais professores do DCTA/FAEM/UFPel, pelos ensinamentos ministrados e agradáveis momentos de convivência.

Ao professor Marcelo Peter do IFSUL/CAVG pelos ensinamentos e amizade.

À professora Regina Al-Alam Elias pela ajuda acadêmica em momentos difíceis na minha graduação.

Aos funcionários da FAEM/UFPel, pela amizade e colaboração dispensada.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela colaboração.

Aos amigos (a) e doutorandos (a) do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Diego Batista Zeni, Evandro Ficagna, Josiane Bartz pela especial atenção e colaboração.

Aos amigos (as) e mestrandos (as) do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Marcos, Rosana Colluci, pela especial atenção e colaboração.

Ao colega e mestre Eng. Agr. Daniel Rutz, pela amizade e pela ajuda como sempre.

Aos estagiários do IFSUL/CAVG pelo trabalho e ajuda.

Aos bolsistas e estagiários do Laboratório de Grãos do DCTA/FAEM/UFPel.

À UFPel, à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, pela oportunidade e facilidade oferecidas para a execução desta dissertação.

A toda a minha família, irmãos e amigos pelo carinho e amizade.

A Deus, por minha existência e por todas as pessoas que me cercam.

Não escolhi ser um homem comum.
É meu direito ser diferente, ser singular, incomum,
Desenvolver os talentos que Deus me deu.
Não desejo ser um cidadão pacato e modesto,
Dependo sempre de alguém.
Quero correr risco calculado,
Sonhar e construir, falhar e suceder.
Recuso trocar incentivo por doação.
Prefiro às intemperanças à vida garantida,
Não troco minha dignidade por ajuda dos outros,
Não me acovardo e nem curvo diante as ameaças.
Minha herança é ficar ereto, altivo e sem medo,
Pensar por conta própria e,
Aproveitando os benefícios da minha criatividade,
Encarar o mundo e dizer:
Isto é o que eu sou.

Bertold Brecht

RESUMO

PRESTES, Dejalmo Nolasco. Universidade Federal de Pelotas, setembro de 2013. Qualidade industrial e propriedades do amido de grãos do colmo principal e dos perfilhos de genótipos de arroz. Orientador: Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias. Co-Orientador: Pesq. Dr. Daniel Fernandez Franco.

QUALIDADE INDUSTRIAL E PROPRIEDADES DO AMIDO DE GRÃOS DO COLMO PRINCIPAL E DOS PERFILHOS DE GENÓTIPOS DE ARROZ

O trabalho foi realizado com objetivo de fazer uma avaliação nas propriedades e comportamento de amidos de grãos de arroz dos colmos principais (CP) e de perfilhos (PF). Os grãos foram colhidos com umidade de 20 a 25% e secos até 12 a 13%. Os genótipos híbridos de arroz apresentam maior número de perfilhos e maior produção por planta do que a cultivar BR IRGA 409. Os grãos dos perfilhos apresentam maior umidade do que o colmo principal no momento da colheita, mas não diferem na composição química. A dimensão e massa dos grãos foram avaliadas, sendo observadas diferenças entre os genótipos, as quais refletem no rendimento de grãos inteiros, sendo que os colmos principais apresentam rendimento superior ao de perfilhos dos genótipos híbridos, mas semelhantes na cultivar BR IRGA 409. Os genótipos apresentam poucos grãos com defeitos metabólicos, pois foram avaliados sem serem submetidos a armazenamento, entretanto o percentual de gessamento é considerável, sendo maior nos perfilhos do que no colmo principal. O tempo de cocção dos grãos de arroz difere entre os genótipos, sendo menor para cultivar BR IRGA 409, não havendo diferenças entre os grãos do colmo principal e dos perfilhos. O rendimento de extração de amido difere entre genótipos, mas não entre colmo principal e perfilhos. Existem diferenças entre as propriedades dos amidos entre os genótipos de arroz, e entre os amidos do colmo principal e dos perfilhos, sendo as propriedades viscoamilográficas e poder de inchamento e solubilidade as que mais variam.

Palavras-chave: *Oryza sativa L.*, arroz híbrido, qualidade industrial, cocção, híbridos, perfilhos.

ABSTRACT

PRESTES, Dejalmo Nolasco. Universidade Federal de Pelotas, september, 2013. **Industrial Quality and starch properties of grains from main stem and tillers of rice genotypes.** Advisor: Alvaro Renato Guerra Dias. Co-Advisor: Daniel Fernandez Franco.

The study aims to evaluate the quality industrial, cooking and properties of starches isolated from the main stem (CP) and tillers (PF) of five genotypes of rice, four hybrids and conventional farming. The grains of genotypes Avaxi CL, QM Arize 1010, BRS 302 and CIRAD INOV CL (hybrid) and BR IRGA 409 (cultivar) were harvested with moisture 20-25% and dry up 12-13%. The hybrid genotypes of rice have a higher number of tillers per plant and higher production than cultivar BR IRGA 409. The grains of tillers had higher humidity than the main stem grain at harvest, but no difference in chemical composition. The yield of the entire main stem was higher than the yield of the tillers of the hybrid genotypes but similar to cultivar BR IRGA 409. The genotypes showed few grains with metabolic defects, as evaluated without being subjected to storage, however the percentage of plastered was found, more in tillers than the main stem. The cooking time of the rice grains differ between genotypes, being lowest for cultivar BR IRGA 409 and there were no differences between the grains of the main stem and tillers. The extraction yield of starch differ between genotypes but not between the main stem and tillers. There were differences between the properties of the starches from the rice genotypes, and between starches from main stem and tillers, and the viscoamylographic properties, swelling power and solubility were the properties that differed most.

Keywords: *Oryza sativa* L., hybrid rice, industrial quality, cooking, Tillers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo per capita do arroz polido, entre 1960 e 2010. Fonte: Adaptado da USDA. (2011)	14
Figura 2. Arroz branco polido de quatro classes, 2013.	22
Foto: Prestes, D. N. (2013).....	22
Figura 3. Fases fenológicas do arroz.	25
Fonte: Adaptada de COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.L., A Uniform and adaptative system for expressing rice develoment Crop Science, Madison, 40:436-443. 2000.	25
Figura 4. Escala de identificação centro-branco em grãos de arroz.....	28
Fonte: MARTÍNEZ e CUEVAS, 1989.	28
Figura 5. Grãos contendo diferentes percentuais de área gessada.	29
Fonte: IRRI, 2006.....	29
Figura 6. Unidades estruturais de amilose (a) e amilopectina (b).....	30
Fonte: PÉREZ; BERTOFT, 2010.....	30
Figura 7. Esquema de uma curva típica de comportamento de pasta obtido de um Rapid Visco Analyzer (RVA). FONTE: adaptado de Kaur et al. (2009).	36
Figura 8. Plantio de arroz conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2011/2012.....	38
Figura 9. Fluxograma de extração de amido de arroz pelo método alcalino. Fonte: Adaptado de ZAVAREZE, 2009.	40
Figura 10. Gráfico da produção por planta em função do número de perfilhos.....	51
Figura 11. Rendimento de extração de amido do colmo principal (CP) e dos perfilhos (PF) de grãos de cinco genótipos de arroz.	66
Figura 12. Curvas de DSC dos amidos do colmo principal (linha inteira) e dos perfilhos (linha pontilhada) de grãos de cinco genótipos de arroz.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Situação mundial de arroz beneficiado.	15
Tabela 2. Evolução da produção de arroz no Brasil e no Rio Grande do sul.....	15
Tabela 3. Programação do RVA utilizada nas análises de propriedades de pasta dos amidos e farinhas de arroz.....	47
Tabela 4. Grau de umidade dos grãos de arroz de genótipos na colheita, safra 2010/2011. Pelotas,RS.	49
Tabela 5. Número de perfilhos, massa de grãos e percentagem de participação do colmo principal e dos perfilhos na produção da planta de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas,RS.....	50
Tabela 6. Teor de cinzas e fibra bruta em grãos de arroz integral de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.	51
Tabela 7. Extrato etéreo, proteína bruta e carboidratos em grãos de arroz integral de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.....	52
Tabela 8. Dimensões dos grãos de arroz com casca de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.....	53
Tabela 9. Peso de mil grãos de arroz com casca, de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.	54
Tabela 10. Rendimentos de casca, farelo e gérmen no descascamento e polimento em grãos de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas.....	55
Tabela 11. Renda do benefício e grãos inteiros de cinco cultivares de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.	56
Tabela 12. Quebrados e quirera, de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.	57
Tabela 13. Gessados de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.	58
Tabela 14 - Defeitos metabólicos, de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011...59	59
Tabela 15 Percentual de gessamento em grãos de cinco genótipos de arroz irrigado.	61
Tabela 16. Grau de brancura, transparência e polimento em grãos de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011.....	62

Tabela 17. Tempo de cocção, rendimento volumétrico e gravimétrico dos grãos de arroz provenientes do colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz na safra 2010/2011.	63
Tabela 18. Propriedades de pasta das farinhas provenientes de colmo principal e perfilho de de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.	65
Tabela 19. Teor de amilose dos amidos de grãos de arroz provenientes do colmo principal e do perfilho de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.	67
Tabela 20. Poder de inchamento e solubilidade a 90°C dos amidos de arroz provenientes de colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.....	68
Tabela 21. Propriedades de pasta dos amidos provenientes de colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.	70
Tabela 22. Médias dos valores obtidos das propriedades térmicas em amido de grãos de arroz provenientes de colmo principal e perfilho de cinco cultivares, da safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Arroz	13
3.2. Constituição do grão de arroz.....	16
3.3. Híbrido de arroz irrigado	17
3.4. Perfilamento de arroz	19
3.5. Umidade de colheita	21
3.6. Características do grão de arroz	22
3.6.1. Dimensões do grão de arroz.....	22
3.6.2. Qualidade de grão.....	24
3.6.3. Gessamento.....	26
3.7. Amido de arroz	29
3.7.1. Teor de amilose	31
3.7.2. Extração de amido de arroz	31
3.7.3. Gelatinização e retrogradação do amido	32
3.7.4. Propriedades Viscoamilográficas	34
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1. Material.....	37
4.2. Métodos.....	37
4.2.1. Delineamento do experimento de campo.....	37
4.2.2. Avaliação do número de perfilhos e produção por planta	38
4.2.3. Obtenção e condicionamento das amostras	38
4.2.4. Extração do amido de arroz	39
4.2.5. Avaliações laboratoriais	41
Foi analisado grau de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, cinza, fibras, pesa de mil grãos, dimensões dos grãos, casca, farelo, gérmen, grau do gessamento, perfil branquimétrico, tempo de cocção, rendimentos de cocção, rendimento de extração de amido, teor de amilose, solubilidade, poder de inchamento, propriedades viscoamilográficas, calorimetria diferencial de varredura (DSC) e análise estatística.	41
4.2.5.1. Grau de umidade.....	41

4.2.5.2.	Proteína bruta.....	41
4.2.5.3.	Extrato etéreo	41
4.2.5.4.	Cinzas	41
4.2.5.5.	Fibras	42
4.2.5.6.	Peso de mil grãos.....	42
4.2.5.7.	Dimensões dos grãos.....	42
4.2.5.8.	Desempenho industrial.....	42
4.2.5.8.1.	Descascamento	42
4.2.5.8.2.	Polimento.....	43
4.2.5.8.3.	Casca, Farelo e Gérmen.....	43
4.2.5.8.4.	Separação dos grãos quebrados e quirera.....	43
4.2.5.8.5.	Identificação e separação de defeitos.....	44
4.2.5.8.6.	Avaliação grau do gessamento.....	44
4.2.5.8.7.	Perfil branquimétrico	44
4.2.5.9.	Comportamento na cocção	44
4.2.5.9.1.	Tempo de Cocção.....	45
4.2.5.9.2.	Rendimentos de Cocção.....	45
4.2.5.10.	Teor de amilose.....	46
4.2.5.11.	Solubilidade e poder de inchamento	46
4.2.5.12.	Propriedades viscoamilográficas.....	47
4.2.5.13.	Calorimetria diferencial de varredura (DSC).....	48
4.2.6.	Análise estatística	48
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1.	Umidade de colheita.....	49
5.2.	Avaliação do número de perfilhos e participação por planta	49
5.3.	Composição centesimal.....	51
5.3.1.	Cinzas e fibra bruta.....	51
5.3.2.	Extrato etéreo, proteína bruta e carboidratos.....	52
5.4.	Dimensões do grão.....	53
5.5.	Peso de mil grãos	54
5.6.	Desempenho industrial	55
5.6.1.	Descascamento e polimento	55
5.6.1.1.	Casca, farelo e gérmen	55

5.6.1.2.	Renda do benefício e rendimento grãos inteiros	56
5.6.1.3.	Quebrados e quirera.....	57
5.6.2.	Identificação e separação de defeitos.....	58
5.6.2.1.	Grãos Gessados.....	58
5.6.2.2.	Defeitos metabólicos	59
5.6.3.	Grau de gessamento.....	61
5.6.4.	Perfil branquimétrico	62
5.6.5.	Parâmetros de cocção	63
5.6.6.	Propriedades viscoamilográficas	65
5.7.	Rendimentos de extração de amido	66
5.8.	Teor de amilose.....	67
5.9.	Poder de inchamento e solubilidade.....	68
5.10.	Propriedades viscoamilográficas	69
5.11.	Calorimetria diferencial de varredura (DSC)	72
6.	CONCLUSÕES	74
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

O arroz é a fonte primária de alimentos em muitos países em desenvolvimento, principalmente naqueles situados no continente asiático. O gênero *Oryza* tem 24 espécies, mas apenas duas são cultivadas: a *O. Glaberrima* Steud., cultivada no oeste da África e da Ásia e o *O. Sativa* L., cultivada em todo mundo. Estas espécies são naturalmente hidrófilas, entretanto, o processo evolutivo tem levado as mais variadas condições ambientais, abrangendo desde ecossistemas de várzeas até ecossistemas de terras altas.

A qualidade do arroz é definida pelos produtores, pelas empresas de beneficiamento e pelos consumidores de maneira distinta. Para os produtores e beneficiadores, os parâmetros de produtividade na lavoura e rendimento industrial são os mais importantes (CASTRO *et al.*, 1999, ELIAS, 2003).

A aparência do grão de arroz branco polido é o atributo de qualidade mais relevante na avaliação do arroz pelo consumidor, influenciando-o diretamente no momento da aquisição. Este, normalmente, associa aparência com qualidade de cocção. Essa prática pode ser errônea, pois na avaliação da aparência são considerados atributos físicos como brancura, transparência, grau de polimento e dimensões, que são oriundos da cultivar e do beneficiamento agroindustrial, por vezes com baixa relação com características intrínsecas relacionadas a cocção. A cocção é avaliada pelo rendimento de panela (volume e massa), o tempo de cocção e características sensoriais como, textura, sabor, odor, aparência, cor e solubilidade dos grãos cozidos. Complementarmente, a composição físico-química depende principalmente da genética da cultivar, como teor de amilose e conteúdo proteico que impactam na temperatura de gelatinização e na textura do arroz cozido. Estas características são pouco valorizadas nos programas de melhoramento de arroz, que estão pautados na obtenção de novos genótipos com maior produtividade, resistência às doenças, precocidade e qualidade dos grãos mais associados a suas características físicas.

A qualidade física dos grãos de arroz após o beneficiamento está relacionada com o ambiente no período de sua formação, o genótipo, as práticas de manejo empregado durante o crescimento, o desenvolvimento e a colheita, bem como os

processos de secagem, armazenamento e beneficiamento (remoção da casca e polimento do grão).

No momento da colheita as diferenças no grau de umidade entre os grãos que compõem a amostra, são relatadas pela pesquisa. A origem dessas diferenças está relacionada a vários fatores, dentre os quais se destacam a característica de perfilhamento e a duração do período de floração do cultivar, traduzindo-se em grãos que amadurecem em momentos diferentes. Essa variação no grau de maturação dos grãos reflete na quebra no beneficiamento, elevando-se na medida em que a heterogeneidade no teor de água dos mesmos aumenta.

Atualmente, com o surgimento de cultivares e híbridos de alta capacidade de perfilhamento, ocorreu uma redução significativa na densidade da semeadura, diminuindo a necessidade de sementes. Entretanto, isso se deve ao aumento de perfilhos tardios, que gera grãos com maturidade e qualidade diferente no momento da colheita, o que pode afetar o rendimento de grãos inteiros e a qualidade de cocção. Neste estudo avaliou-se o rendimento industrial e a qualidade de cocção de cinco genótipos de arroz, sendo quatro híbridos e um cultivar convencional.

2. OBJETIVO

Avaliar a qualidade industrial e propriedades do amido de grãos do colmo principal e dos perfilhos de genótipos de arroz, um convencional e quatro híbridos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal de importância mundial. O ano de 2004 foi reconhecido como ano mundial do arroz pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), por ser um alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas. Para maior parte desses consumidores é a principal fonte de energia na dieta (HU *et al.*, 2004). A fig. 1 ilustra o consumo *per capita* comparativo de populações dos principais países consumidores de arroz (USDA 2011).

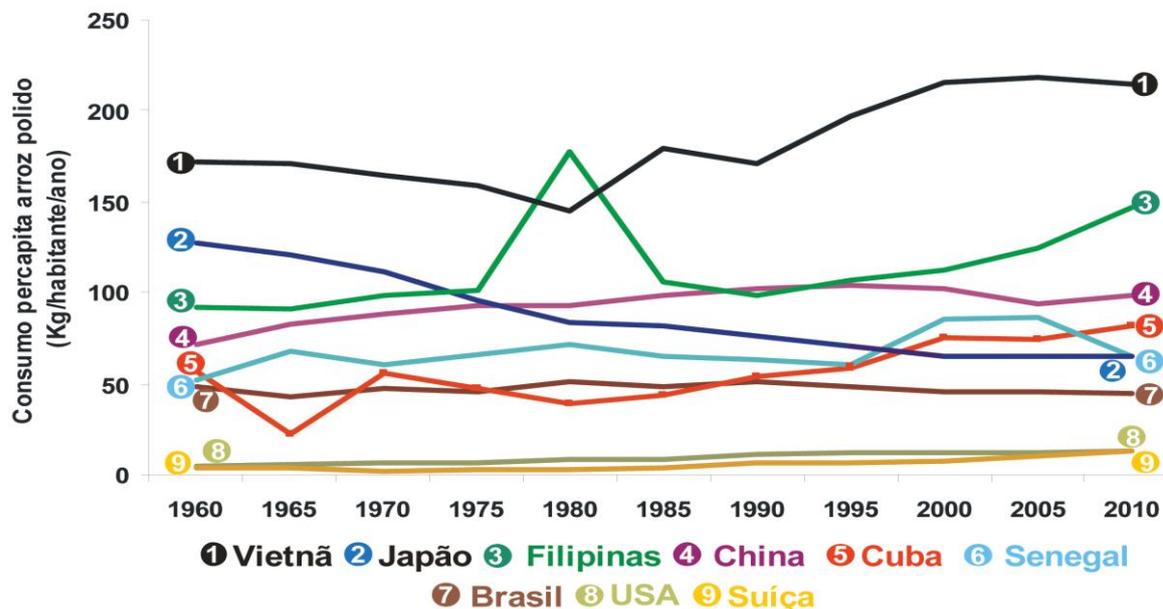


Figura 1. Consumo per capita do arroz polido, entre 1960 e 2010. Fonte: Adaptado da USDA. (2011)

A FAO (2013) estima que a produção mundial de arroz na safra 2012/2013, tenha sido de 735 milhões de toneladas, significando um aumento de 2,2% em relação à safra 2011/2012.

Este aumento tem sido impulsionado pelas novas tecnologias, boas condições climáticas e incremento na área cultivada, que chegou a 163 milhões de hectares na última safra. O crescimento atende as nações mais populosas do mundo que necessitam ampliar a produção comercial para abastecer o mercado urbano em formação naquela região, onde anualmente milhões de pessoas deixam o meio rural e uma vida de subsistência para tornarem-se operários nas grandes cidades, demandando produtos que ora produziam apenas para o consumo familiar, concentrado principalmente nos principais produtores asiáticos, como China, Índia e Indonésia. (FAO, 2013).

O Brasil ocupa o sexto lugar na produção mundial de arroz (Tabela 1), sendo o maior produtor não Asiático a estar entre os dez maiores produtores mundiais assim como é o maior consumidor, o que mostra a grandeza do mercado brasileiro (FAO, 2011).

Tabela 1. Situação mundial de arroz beneficiado.

Em Milhões de toneladas	Produção Beneficiado		Exportação		Estoques
	2012	2013	2012	2013p	2013p
Mundo	488,9	499,1	38,6	37,5	17,3,7
China	143,0	144,0	0,3	0,3	94,4
Índia	104,0	108,0	10,3	8,6	23,5
Indonésia	41,4	43,2	-	-	6,4
Vietnã	28,2	29,1	7,7	8,2	3,1
Tailândia	23,4	25,1	6,8	7,0	17
Brasil	8,2	8,5	1,2	0,9	0,9
USA	5,4	6,2	2,8	3,0	0,3
Paquistão	6,3	6,0	3,3	3,4	1,1

Fonte: FAO, Junho 2013.

A produção do Rio Grande do Sul vem crescendo chegando em 2011 a 8.940,4 ton. (Tab. 2), representa 63% do total produzido no Brasil (IRGA, 2012).

Ano	Brasil		Rio Grande do Sul	
	Área plantada (Hectares)	Quantidade produzida (Toneladas)	Área plantada (Hectares)	Quantidade produzida (Toneladas)
2000	3.704,863	11.134,588	959,04	4.981,01
2001	3.171,300	10.184,185	953,58	5.256,30
2002	3.171,955	10.455,986	983,18	5.486,33
2003	3.193,936	10.334,603	962,21	4.697,15
2004	3.744,215	13.277,008	1.056,10	6.338,14
2005	3.999,315	13.192,836	1.055,23	6.103,29
2006	3.010,169	11.526,685	1.023,33	6.784,24
2007	2.915,316	11.060,741	942,15	6.340,14
2008	2.869,285	12.061,465	1.065,63	7.336,44
2009	2.905,202	12.651,144	1.110,60	7.977,89
2010	2.778,173	11.235,986	1.101,31	6.875,08
2011	2.855,312	13.476,994	1.169,85	8.940,43

Tabela 2. Evolução da produção de arroz no Brasil e no Rio Grande do sul

Fonte: IBGE. Produção Agrícola Municipal 2012.

3.2. Constituição do grão de arroz

O grão de arroz é constituído principalmente por amido e apresenta quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. No entanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças na sua constituição em função da cultivar, variações ambientais, manejo, armazenamento e processamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas.

Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão (WALTER *et al.*, 2007). Segundo Hosney (1991), o grão de arroz compreende a cariopse e de uma camada protetora, a casca. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas, o pericarpo e o tegumento, e a primeira camada do endosperma, a aleurona, que representam de 5-8% da massa do arroz integral, Fig14. A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de corpos protéicos e os de corpos lipídicos. O embrião ou germe está localizado no lado ventral da base do grão, é rico em proteínas e lipídios e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amidos e alguns corpos proteicos (JULIANO; BECHTEL, 1985).

O embrião e a película que recobre o grão são separados do endosperma, parcial ou totalmente no processo de beneficiamento do arroz polido. Este é constituído majoritariamente de amido, é também fonte de proteínas. As camadas periféricas que dão origem ao farelo (cerca de 8% do grão integral) oriundo do polimento destacam-se pela presença de nutrientes como fibras, gorduras e vitaminas do complexo B, com destaque ao ácido fólico. O germe ou embrião, igualmente removido nesta etapa distingue-se pela composição rica em proteínas e lipídios (NAVES, 2007; MONKS, 2010).

O endosperma é rico em amido que contribui significativamente para as características de cozimento do arroz e está associado ao seu conteúdo de amilose. O teor de amilose no grão permite classificá-lo tipo ceroso (1-2% amilose), muito baixo teor (2-12%), baixo teor (12-20%), intermediário (20-25%) e alto teor (25-33%). O conteúdo de amilose influencia diretamente na absorção de água durante o

cozimento, assim como na dureza e na brancura do arroz cozido. Teores maiores de amilose proporcionam grãos mais soltos após seu cozimento, pois apresentam maior e mais rápida retrogradação do amido (COFFMAN, W.R; JULIANO, 1987).

No Brasil há uma preferência pelo arroz de alta amilose, sendo consumido, principalmente na forma de grãos inteiros beneficiados, nos subgrupos polidos (branco), parboilizado e integral (CASTRO *et al.*, 1999).

3.3. Híbrido de arroz irrigado

O arroz híbrido é consequência do cruzamento de duas linhas parentais. São semeadas faixas intercaladas de linhas de machos e fêmeas, sendo que o resultado do cruzamento entre elas é o híbrido. As fêmeas são macho-estéreis, ou seja, não se autofecundam. Este processo permite a combinação de características e benefícios encontrados nas duas linhas, objetivando o vigor híbrido em uma única semente. Os polens das anteras da linha dos machos migram para o estigma da linha das fêmeas, ocorrendo a polinização cruzada. A fêmea, que é andro-estéril, recebe o pólen do macho, e produzirá a semente híbrida (RICE TEC, 2007).

As cultivares híbridas possuem como características a alta produção de afilhos, o que, potencializa, nestas cultivares o aumento da produção de panículas que constitui o principal componente do rendimento de grãos em arroz (MILLER *et al.*, 1991). Embora os híbridos de arroz representem cerca de 60% do arroz cultivado na China, no Brasil este percentual de utilização de híbridos é menor, mas crescente. As áreas plantadas com sementes híbridas de arroz têm apresentado um crescimento exponencial e existe a possibilidade futura de que, a exemplo do que ocorreu com outros grãos como milho e sorgo, onde quase 100% da área semeada no Brasil é de sementes híbridas destes grãos, os híbridos de arroz venham ocupar uma posição de destaque ou até mesmo dominar a produção de arroz (NEVES *et al.*, 1994; RICE TEC, 2007).

O vigor híbrido proporciona inúmeros benefícios ao produtor, uma planta mais robusta com maior estabilidade, maior tolerância a doenças e a estresse ambiental. Os híbridos de arroz possuem um grande potencial produtivo, sendo que em várias lavouras, foram alcançados rendimentos de até 14.000 kg.ha⁻¹. (RICE TEC SEMENTES, 2011)

Em média, o híbrido de arroz produz um diferencial de 25% acima das testemunhas nas regiões de comparação. Devido a alta capacidade de perfilhamento, o híbrido de arroz permite baixar a densidade de semeadura de 100-120 kg/ha⁻¹ usada com variedades convencionais, para 40-45 kg ha⁻¹, trazendo uma maior economia na utilização do tratamento de sementes, menor custo de transporte e otimização da semeadura (RICE TEC SEMENTES, 2011).

A China foi o primeiro país a produzir e usar comercialmente o arroz híbrido (LI; YUAN 2000) e a sua produção comercial representa uma das maiores realizações para o melhoramento de plantas do último século. O impacto da heterose no melhoramento de arroz híbrido tem sido revisado extensamente por Chang *et al.* (1973), Virmani (1996) e Li; Yuan (2000); dando ênfase, principalmente a genética, ao melhoramento e a produção de sementes.

O arroz híbrido comercial se tornou possível a partir do desenvolvimento da pesquisa sobre a macho esterilidade em arroz, teve início em 1964 (VIRMANI, 1996).

A macho esterilidade é a incapacidade de uma planta em produzir pólen funcional, ocorre quando não há a produção de gametas masculinos viáveis, apesar de os órgãos florais femininos e de as estruturas vegetativas não apresentarem qualquer anomalia (SCHNABLE; WISE, 1998).

O gene da macho-esterilidade genética do arroz mais utilizado é um mutante da cultivar de arroz irrigado IR36, obtido através de mutagênico químico. Esse mutante carrega um alelo recessivo (ms) que em homozigose (msms) induz à esterilidade dos grãos de pólen (SINGH e IKEHASHI, 1981).

As plantas macho-estéreis (msms) são facilmente identificadas no campo. Elas têm meiose normal e só produzem sementes quando fecundadas por pólen (Ms ou ms) de plantas férteis (MsMs ou Msms), fazendo com que a população se comporte como uma população alógama.

Segundo a SOSBAI (2012), no Rio Grande do Sul, vários híbridos de arroz irrigado tem recomendação para plantio, dentre eles AVAXI CL, INOV CL, BRS CIRAD 302 e Arize QM 1010 que apresentam características de produtividade atrativas.

O híbrido Arize QM 1010 é de ciclo médio, destacando-se pelo uso de baixa densidade de semeadura (40 kg ha⁻¹) e alto potencial produtivo, resistência ao

degrane natural das panículas. Possui grãos longo-finos e características industriais e de cocção adequadas ao mercado nacional (SOSBAI 2012).

O AVAXI CL é híbrido de arroz de ciclo precoce que se destaca pelo seu alto potencial produtivo. Possui grande capacidade de emissão de perfilhos, o que também permite a utilização de baixa densidade de semeadura (45 kg ha^{-1}) (SOSBAI 2012).

O híbrido BRS CIRAD 302 é o primeiro arroz híbrido lançado por uma empresa pública na América Latina. Possui alto rendimento característico dos híbridos, apresentando boa qualidade de grão, semelhante às melhores variedades do mercado brasileiro, com produtividade em torno de até $13.000 \text{ kg ha}^{-1}$. Tem alto potencial de perfilhamento, o que reduz a densidade de semeadura para cerca de 40 kg ha^{-1} (SOSBAI, 2012).

O INOV CL com ciclo precoce, adaptado a zonas temperadas e subtropicais apresenta produtividade em torno de $13.000 \text{ kg ha}^{-1}$ com boa qualidade industrial de grãos e densidade de semeadura de 50 kg ha^{-1} . É característica deste material bom nível de resistência a bruzone e a manchas foliares (SOSBAI, 2012).

3.4. Perfilhamento de arroz

A capacidade de perfilhamento é uma característica muito importante nas cultivares de arroz. O perfilhamento começa no estágio de quatro a cinco folhas. Perfilhos e raízes emergem do mesmo nó ao mesmo tempo, havendo um sincronismo de emergência das folhas, raízes e perfilhos. Os perfilhos primários originam-se na base das folhas de cada nó não alongado, do colmo principal, durante o crescimento vegetativo. Estes por sua vez dão origem aos perfilhos secundários. Estes últimos, aos perfilhos terciários (GOMES; MAGALHÃES, 2004).

Segundo Yoshida (1981), os perfilhos dependem dos nutrientes do colmo principal e independem dele quando já possuem três folhas. Nem todas as gemas axilares desenvolvem perfilhos, algumas permanecem dormentes. Espaçamento, intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes, são alguns fatores que interferem no perfilhamento.

A diferença no grau de umidade entre os grãos de arroz que compõem uma amostra, no momento da colheita, está relacionada a vários fatores, dentre os quais

se destacam a característica de perfilhamento e a duração do período de floração do cultivar, resultando em grãos que amadurecem em momentos diferentes. Essa variação no teor de água entre os grãos conduz a quebra do arroz no beneficiamento, elevando-se à medida que a amplitude no teor de água dos mesmos aumenta (CHAU; KUNZE, 1982; KUNZE; NGUYEN, 1985; KUNZE *et al.*, 1988).

Kunze; Nguyen (1985) e Srinivas; Bhashyam (1985) relataram que as diferenças no conteúdo de água dos grãos na colheita podem ser influenciadas pelo processo de perfilhamento, que apresenta duração de três a seis semanas, dependendo da população de plantas, fertilidade do solo, clima, cultivar entre outros fatores. Quando ocorre a floração, os perfilhos florescem na mesma sequência de seu surgimento, mas num menor período de tempo, adicionalmente a isso, a duração da floração dentro de uma mesma panícula, está entre 5 e 10 dias.

Nem todos perfilhos produzidos emitem panículas, assim Gomosta; Haque (1979) investigaram o potencial de contribuição dos perfilhos, segundo a época em que foram formados. Estes autores observaram que os perfilhos emitidos até a quarta semana após a semeadura, contribuíram com cerca de 90 % do peso total de grãos dos perfilhos, apesar dos cultivares estudados terem continuado a perfilhar até a sétima semana. De 93 a 100 % dos perfilhos produzidos na terceira semana após a semeadura tornaram-se produtivos, enquanto que para aqueles formados na quarta semana, esse percentual situou-se entre 70 e 73 %.

Kusch (1995) verificou que a panícula produzida pelo colmo principal da planta participou com 10 % do peso total, os perfilhos primários contribuíram com 50 % e os perfilhos secundários com 35 %. Ainda verificou-se que algumas cultivares de arroz irrigado apresentam de 20 a 25 perfilhos por planta, mas somente 14 a 15 produzem panículas, enquanto os restantes permanecem improdutivos, competindo por assimilados, energia solar e nutrientes.

A introdução das cultivares de porte baixo nos plantios das várzeas irrigadas, à semelhança do que ocorreu em diferentes partes do mundo, produziu um forte impacto na produtividade do arroz na década de 70 (CARMONA *et al.*, 1994). A partir desse período, os ganhos em produtividade têm sido pequenos e derivados, de um modo geral, do aumento do uso de tecnologia e insumos, do que crescimento

do potencial produtivo dos cultivares (BRESEGHELLO et al.1999, CASTRO et al., 1999).

Segundo Yuan *et al.*(1994), a utilização de cultivares híbridas pode aumentar a produtividade em até 30 %, quando comparada com cultivares convencionais. Esta tecnologia proporciona plantas com alto vigor híbrido, que se manifesta por uma alta plasticidade fenotípica, tornando as plantas capazes de se estabelecerem de maneira eficiente mesmo quando semeadas em baixas densidades de semeaduras, e em condições adversas. Assim, a utilização de sementes de arroz híbrida é considerada uma boa alternativa para incrementar a produtividade.

3.5. Umidade de colheita

A maioria das cultivares de arroz apresentam redução no rendimento de grãos inteiros, após atingirem um determinado grau de maturação. Grãos muito secos ficam sujeitos a trincamentos no campo, que favorecem sua quebra nas operações de colheita e posterior beneficiamento. Altas percentagens de grãos quebrados diminuem sensivelmente o tipo e o valor comercial de um lote de arroz (FARONI *et al.* 1987). Segundo Faroni *et al* (1987), colher na época certa é de fundamental importância para se obter um produto de melhor qualidade e com maior rendimento. O arroz atinge o ponto de maturação adequado quando dois terços dos grãos da panícula estão maduros.

A colheita antecipada, com umidade elevada, aumenta a proporção de grãos malformados e gessados. O arroz colhido tardiamente com umidade muito baixa, afeta a produtividade pela degrana natural, ocorrendo o trincamento dos grãos e a redução do rendimento de grãos inteiros no beneficiamento. O grão de arroz, quando da colheita, deve ter uma umidade entre 18 e 23%, base úmida, dependendo da variedade, do sistema de colheita e de secagem (ELIAS *et al.*, 2003).

Assim, a secagem deve ser imediata após a colheita, pois quanto maior o tempo entre a colheita e a secagem, maiores serão as perdas na qualidade, como a incidência de quebrados, trincamentos e defeitos de origem biológicos, como os manchados, picados e grãos ardidos. Estes colhidos com umidades acima de 23%, ainda contam com grãos leitosos e aqueles colhidos com umidades abaixo de 18%

tendem a produzir trincamentos, que resultarão em grãos quebrados no beneficiamento (ELIAS *et al.* 2004).

3.6. Características do grão de arroz

O arroz é constituído principalmente por amido, aproximadamente 90% do seu peso seco, e apresenta quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. No entanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças decorrentes de variações ambientais, manejo, armazenamento e processamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes partes do grão (WALTER *et al.*, 2007). Segundo Hosney (1991), o grão de arroz é constituído de casca (22%), endosperma (70%) e camadas externas ao endosperma ou farelo (8%). As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (CASTRO *et al.*, 1999, MONKS, 2010).

3.6.1. Dimensões do grão de arroz

Os grãos de arroz em casca e o arroz beneficiado apresentam tamanho e formas variadas segundo o cultivar. A legislação brasileira classifica grão de arroz conforme suas dimensões em quatro classes: Longo fino, longo, médio e curto (BRASIL, 2009).



Figura 2. Arroz branco polido de quatro classes, 2013.

Foto: Prestes, D. N. (2013)

Longo Fino - é o produto que contém, no mínimo, 80% do peso dos grãos inteiros, medindo 6,00 mm ou mais, no comprimento; 1,85 mm no máximo, na espessura e cuja relação comprimento/largura seja superior a 2,75 mm, após o polimento dos grãos;

Longo - é o produto que contém, no mínimo, 80,00% do peso dos grãos inteiros, medindo 6,00 mm ou mais, no comprimento, após o polimento dos grãos;

Médio - é o produto que contém, no mínimo, 80,00% do peso dos grãos inteiros, medindo de 5,00 mm a menos de 6,00 mm no comprimento, após o polimento dos grãos;

Curto - é o produto que contém, no mínimo, 80,00% do peso dos grãos inteiros, medindo menos de 5,00 mm no comprimento, após o polimento dos grãos.

Wadsworth *et al.* (1982), estudaram a relação entre espessura dos grãos de arroz e a qualidade do arroz brunido e verificaram que a retirada de grãos de arroz cuja espessura seja inferior a 1,6 mm melhora a qualidade do produto final.

O brunimento do arroz é realizado por abrasão, por meio do contato dos grãos contra uma superfície áspera em movimento. O polimento do arroz, uma operação posterior ao brunimento, de acabamento, ocorre quando os grãos são atritados uns contra os outros, ao mesmo tempo em que o arroz é submetido a uma leve pressão (SPADARO *et al.*, 1980).

O grau de brunimento é dado em relação à quantidade de farelo removida do grão. Em geral, há quatro graus de brunimento: bem brunido, razoavelmente bem brunido, levemente brunido e não brunido; não havendo uma definição precisa desses termos. Sendo assim, o grau de brunimento é comumente determinado por inspeção visual ou por meio de aparelhos óticos. A maioria dos consumidores prefere arroz bem brunido, devido à sua maior brancura. Entretanto, para obter um arroz bem brunido, o rendimento de engenho diminui, quebrando o grão, com a consequente perda de valor comercial (HOUSTON, 1972).

São vários os fatores que contribuem para a quebra do arroz durante o brunimento, entre os quais fissuras ocorridas antes da colheita, secagem muito rápida, grãos imaturos, índice de gessamento, gradiente da umidade nos grãos (BHATTACHARYA, 1969; WADSWORTH & MATTHEUS, 1985).

Velupillai; Pandey (1990) investigaram a quebra de arroz, durante o descascamento e o brunimento, para quantidades conhecidas de grãos fissurados,

e verificaram que a presença de fissuras possui uma forte influência na redução do rendimento de engenho, sendo que, para níveis acima de 10% de grãos fissurados, a redução no rendimento de engenho foi maior.

3.6.2. Qualidade de grão

A exigência por qualidade superior de grãos tem crescido e se tornado prioridade para mercados cada vez mais exigentes, exportadores e mercados de regiões produtoras de arroz no mundo (JULIANO *et al.*, 1990). As características determinantes da qualidade de grãos em arroz influenciam no valor do produto no mercado, na aceitação do produto pelo consumidor e na adoção de novas cultivares (CASTRO *et al.*, 1999). De maneira geral, a qualidade de grãos em arroz pode ser enfocada sob quatro aspectos: valor nutritivo, qualidade industrial, adequação do produto aos padrões de comercialização, qualidade culinária e sensorial (VIEIRA; RABELO, 2006). Esses componentes primários da qualidade de grãos são determinados basicamente pelas propriedades físico-químicas do grão e por fatores sócio-culturais (ALUKO *et al.*, 2004).

Os defeitos adquiridos durante os diversos estádios fenológicos de desenvolvimento e crescimento vegetativo (Fig. 3), durante a colheita, o transporte e as operações de pré-armazenamento, especialmente a secagem, além de não serem eliminados durante o armazenamento, mostram forte tendência a sofrerem incrementos (PESKE *et al.*, 2003; J.C.ROCHA 2010).

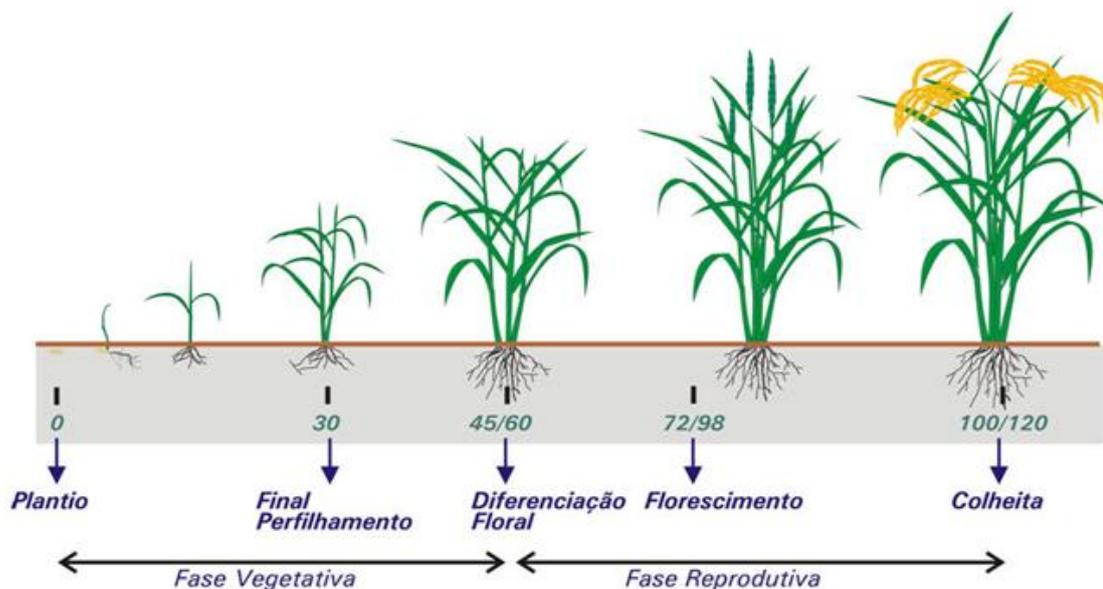


Figura 3. Fases fenológicas do arroz.

Fonte: Adaptada de COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.L., A Uniform and adaptative system for expressing rice development Crop Science, Madison, 40:436-443. 2000.

Atualmente, no Rio Grande do Sul, não só parâmetros físicos são considerados no momento da comercialização. Características de ordem culinária, influenciadas pelo teor de amilose no grão, temperatura de gelatinização, propriedades nutricionais e características sensoriais (odor, sabor, maciez, etc.) são levadas em consideração pelas grandes empresas beneficiadoras (ELIAS, 2003). Estas características mencionadas são controladas geneticamente, porém sofrem influência do ambiente. Altas temperaturas após o período de floração contribuem para o aumento do centro branco, diminuição do teor de amilose e aumento da temperatura de gelatinização (MARTINEZ; CUEVAS, 1989).

Segundo Castro *et al.* (1999), o teor de amilose é considerado o principal parâmetro para a qualidade de cocção do arroz. Outro parâmetro de qualidade é a temperatura de gelatinização (TG). Genótipos com TG alta requerem mais água e mais tempo de cozimento do que aqueles que apresentam TG intermediária ou baixa.

Outra avaliação importante da qualidade dos grãos de arroz é o comportamento viscoamilográfico que permite estabelecer de maneira indireta, a tendência dos grãos permanecerem soltos após o cozimento (TAVARES, 2003).

O comportamento culinário do arroz está relacionado com a estrutura dos grânulos de amido, determinando a sua capacidade de absorver água e gelatinizar, e seus componentes químicos, amilose e amilopectina. O teor de amilose indica a textura do arroz cozido. O arroz com alto teor de amilose cozinha solto, seco e permanece macio após esfriar e aqueles com baixo teor de amilose cozinham pegajosos e unidos, podendo desintegrar-se quando cozidos demasiadamente (MARTINEZ; CUEVAS, 1989).

3.6.3. Gessamento

O gessamento é caracterizado pela presença de uma opacidade nos grãos devido ao arranjo entre os grânulos de amido e proteína nas células (Fig 5) . Segundo CIAT, 1980, esse processo se desenvolve pelas condições de clima, de cultivo e de característica genética dos cultivares.

As razões para a ocorrência de grãos gessados foram amplamente estudadas, sendo descritos vários fenômenos de ordem ambiental e fisiológica. Shen (2000) e Tang *et al.* (1999), descobriram que a composição e estruturação dos grânulos de amido no endosperma de arroz gessado se apresenta dispersa, com inúmeros espaços porosos preenchidos de ar. Tashiro; Ebata (1975) consideraram que a oferta insuficiente de produtos fotossintéticos, (no sentido metabólico fonte → dreno) durante o período de desenvolvimento do endosperma é uma das causas desse processo.

O acúmulo de grânulos de amido nos grãos ocorre através do transporte de assimilados e fotossintetizados durante o desenvolvimento do arroz. Havendo interrupção desse transporte, antes da maturação, pode ocorrer produção de grãos chochos, de enchimento incompleto ou com integridade biológica comprometida, ou ainda serem causadas imperfeições na estrutura morfológica do endosperma, produzindo grãos com partes brancas no centro ou na face ventral do endosperma, sendo chamados de centro branco ou barriga branca, que provocam alterações na qualidade do arroz cozido (MATSUDA apud Horigane *et al.*, 2001).

Conforme relato de Castro *et al.* (1999) o gessamento do endosperma é causado por fatores adversos tais como a colheita de grãos imaturos e com alto grau de umidade ou por danos oriundos do ataque de percevejos do grão, ou ainda

por deficiência hídrica, carência ou desequilíbrio nutricional, frio e características genéticas do cultivar e/ou manejo inadequado na cultura.

Wang *et al.* (1995) consideraram que falhas nas rotas de transporte de fotossimilados próximos à camada de aleurona podem causar gessamento parcial ou total do grão.

O estresse por altas temperaturas facilita a formação de gesso nos grãos devido à conformação desorganizada da estrutura dos amiloplastos. A diferença no tempo de duração da exposição nas altas temperaturas durante diferentes períodos de amadurecimento dos grãos interfere no processo fisiológico padrão de acúmulo de amido nos amiloplastos.

A colheita de grãos com grau de umidade média acima de 26% contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, o que é uma das principais causas de aparecimento de grãos gessados. Acima dessa umidade, aumenta a ocorrência de grãos imaturos especialmente aqueles da porção basal da panícula, uma vez que o florescimento ocorre no sentido do ápice para a base da panícula (CASTRO, 1999).

Esse fato pode ser acentuado no caso de cultivares que possuem panículas grandes, que apresentam um acentuado diferencial de umidade nos grãos na panícula, contribuindo para aumentar o nível de gessamento e baixar o rendimento industrial.

Plantas muito espaçadas podem apresentar períodos mais prolongados de emissão dos perfilhos e maior desuniformidade de maturação. Castro *et al.*, (1999), sugere que todo o cuidado deve ser tomado para garantir a emergência uniforme das plantas, seguindo-se as recomendações de espaçamento e densidade de plantio.

Franco *et al.* (2009), sugere que a medida que há um aumento do espaçamento entre linhas, ocorre uma diminuição significativa no rendimento de grãos de arroz.

Fitzgerald; Mc Couch, (2008) avaliando questões sobre qualidade de arroz, afirmam que os grãos gessados apresentam pré disposição a quebra durante o processo de polimento e mesmo que resistam à quebra irão reduzir a aceitação e o valor de mercado.

Problemas com gessamento de grãos podem ser minimizados realizando-se uma seleção mais rigorosa nos programas de fitomelhoramento por ocasião da liberação de genótipos para o cultivo.

Na Fig. 4 é possível observar a escala de identificação de centro branco em grão de arroz, proposta por Martinez e Cuevas (1989).

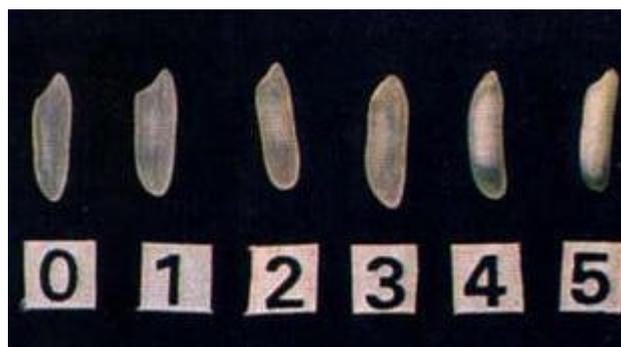


Figura 4. Escala de identificação centro-branco em grãos de arroz.

Fonte: MARTÍNEZ e CUEVAS, 1989.

A escala (Fig. 4) proposta por Martinez e Cuevas (1989) segue de zero a cinco, onde no número zero o grão é completamente translúcido, aumentando a área opaca até o número cinco onde apresenta o endosperma completamente opaco/gessado.

Na Figura 5 é possível observar grãos de arroz agrupados de acordo com a presença de centro-branco.

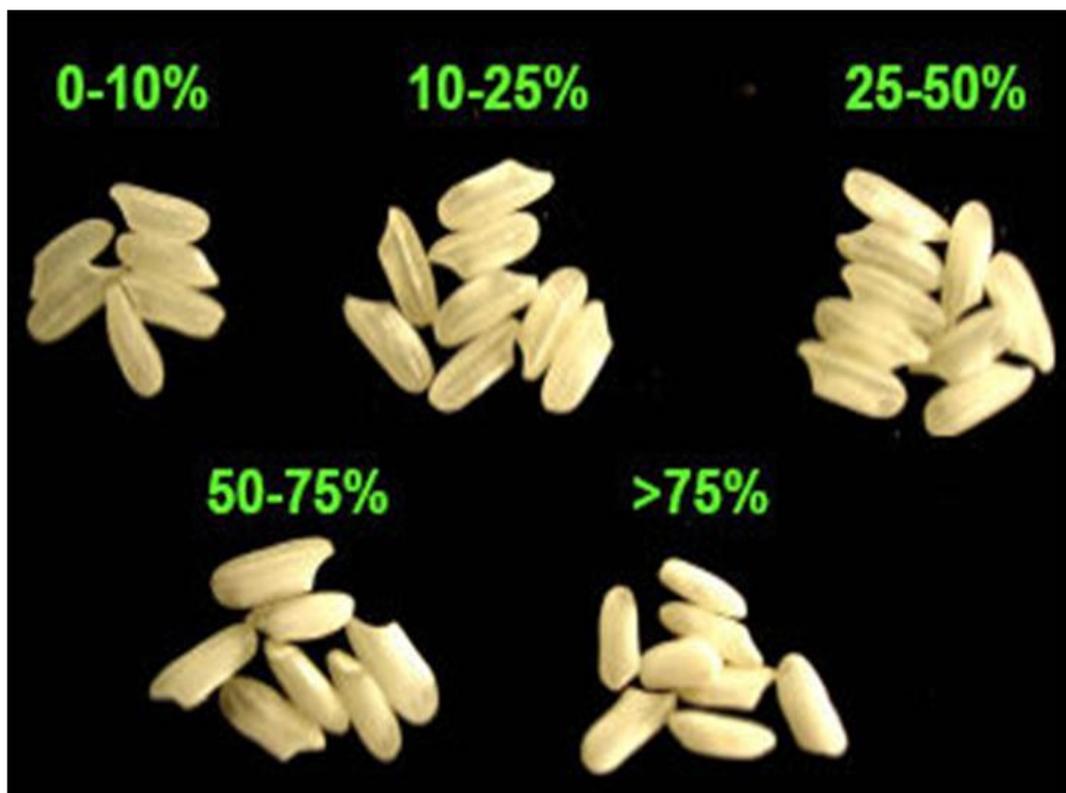


Figura 5. Grãos contendo diferentes percentuais de área gessada.

Fonte: IRRI, 2006.

3.7. Amido de arroz

O amido é formado por dois polímeros, cadeias de amilose e de amilopectina. A amilopectina é formada por unidades de glicopiranoose unidas por ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada. Já a amilose é formada por unidades de glicopiranoose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, originando uma cadeia predominantemente linear. A amilose é um polímero exclusivamente linear, porém, atualmente, alguns a têm considerado que pequenas partes de suas moléculas possuem ramificações como as cadeias de amilopectina, no entanto isto não afeta o comportamento atribuído a esta molécula (KADLEC, 2001; ELIASSON, 2006; TESTER *et al.*, 2004).

Na Fig. 6 estão apresentadas as estruturas moleculares da amilose e da amilopectina.

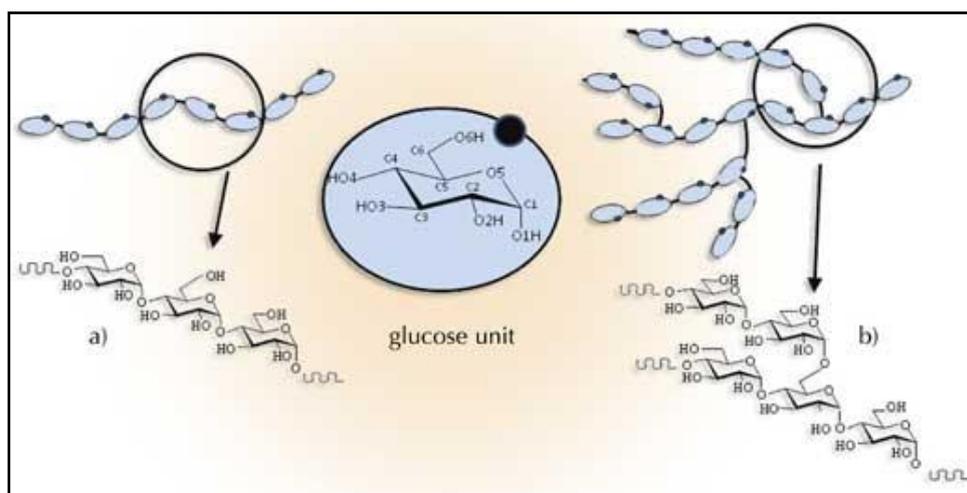


Figura 6. Unidades estruturais de amilose (a) e amilopectina (b).

Fonte: PÉREZ; BERTOFT, 2010.

O amido apresenta-se na forma de grânulos, com formas bastante distintas. A funcionalidade do amido deve muito a estas duas macromoléculas, assim como à organização física delas dentro da estrutura granular. A proporção entre amilose e amilopectina é variável com a fonte botânica, a qual confere características específicas à pasta de amido (CEREDA, 2002). O amido total presente em farinhas de arroz se divide em disponível e resistente, sendo que o amido resistente é representado pela fração não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentado no intestino grosso e suas propriedades são similares às da fibra alimentar. Possui efeito prebiótico e atua no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e o risco de colite ulcerativa e câncer de cólon (SHAMAI *et al.*, 2003; HELBIG *et al.*, 2007).

O amido de arroz não possui um volume de produção expressiva, no entanto, suas características especiais deveriam ser mais bem exploradas. O pequeno tamanho dos grânulos confere uma textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando; não é um produto alergênico, podendo ser consumido por portadores de doença celíaca como substituto do trigo na elaboração de produtos sem glúten (POLANCO *et al.*, 1995; NABESHIMA; EL-DASH, 2004). O amido pode, entre outras funções, servir para facilitar o processamento, fornecer textura, servir como espessante, fornecer sólidos em suspensão e proteger os alimentos durante o processamento. O amido de arroz é utilizado como ingrediente

em vários alimentos e produtos industriais, tais como sobremesas, produtos de panificação e substituto de gorduras (PUCHONGKAVARIN *et al.*, 2005).

3.7.1. Teor de amilose

O teor de amilose está relacionado com as propriedades texturais do arroz, como maciez e coesão, e ainda com sua cor, brilho e volume de expansão, fornecendo informações sobre as mudanças que ocorrem durante o processo de cocção. Arroz com alto teor de amilose, normalmente, apresenta grãos secos e soltos, que após o resfriamento podem ficar endurecidos. Os cultivares com baixo teor de amilose apresentam grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento. Aqueles com teor intermediário apresentam grãos enxutos, soltos e macios, mesmo após o resfriamento (BASSINELLO, 2006).

Os pesos moleculares das moléculas ramificadas são de 1,5 a 3 vezes maiores que daquelas das frações lineares. O peso molecular desse polímero é variável com a fonte e as condições de processamento empregadas na extração do amido, podendo conter de 200 a 2000 unidades de glicose (CEREDA, 2001).

O teor de amilose apresentado em trabalhos científicos é geralmente expresso como teor de amilose aparente, devido à capacidade de algumas cadeias ramificadas externas da amilopectina interagirem com o iodo, superestimando o teor de amilose (JANE *et al.*, 1999).

Segundo Morrison (1995), o teor de amilose aparente é aquele obtido de amidos que não foram previamente desengordurados, pois a presença de lipídeos no amido interfere na afinidade com o iodo.

3.7.2. Extração de amido de arroz

O procedimento para isolar amido de arroz, é diferente que o usado para extrair amido de milho, trigo e batata, principalmente devido às diferenças da matriz proteica das proteínas do arroz e das propriedades do seu amido. As proteínas presentes no grão de arroz estão fortemente associadas com a superfície do grânulo de amido dificultando assim sua remoção (CARDOSO *et al.*, 2007). Para a

correta utilização do amido de arroz é importante que o grânulo mantenha-se intacto após a extração das proteínas.

Como a maior parte das proteínas do arroz é solúvel em meio básico, o método alcalino tem sido utilizado na extração do amido. Shih *et al.* (1999) e Lundubwong; Seib (2000) estudaram métodos de isolamento do amido de arroz visando otimizar o processo de extração. Conforme esses autores, a separação das proteínas do amido de arroz requer tratamento alcalino, detergente ou enzimático (protease). De acordo com Lundubwong; Seib (2000), a separação e purificação dos minúsculos grânulos de amido de arroz também são dificultadas pela lenta sedimentação em água sendo que a utilização tanto de álcali como de detergentes aniônicos resulta em amido com alta pureza. A extração alcalina tem sido estudada como um eficiente método para isolar amido de arroz (LUMDUBWONG; SEIB, 2000; CHIOU *et al.*, 2002; SODHI; SINGH, 2003), apresentando alto rendimento de extração e baixo resíduo de proteínas. O amido de arroz é convencionalmente isolado por método alcalino, devido à principal fração de proteínas presente no arroz, a glutelina ser solúvel em álcali (WANG; WANG, 2004). Segundo Cardoso *et al.* (2007), a extração alcalina apresenta diferentes resultados dependendo do tempo de exposição e da concentração da solução. A natureza da solução alcalina tem papel importante na modificação da estrutura granular do amido, que conseqüentemente, afeta a organização e as propriedades físicas do material resultante. Durante a extração do amido, substâncias como lipídeos, proteínas e sais minerais podem permanecer em pequenas quantidades na sua composição. Quanto menor o teor dessas substâncias, mais eficiente será o método de extração e purificação do amido e melhora a qualidade do produto.

Segundo Puchongkavarin *et al.* (2005) e Lundubwong; Seib (2000), o método de extração alcalina de amido de arroz utiliza solução de hidróxido de sódio (NaOH) com concentrações entre 0,1-0,2% apresentando rendimento de extração de amido entre 73-85% (b.s) e resíduo proteico entre 0,07- 0,42%.

3.7.3. Gelatinização e retrogradação do amido

O amido nativo aquecido em suspensões de água acima de temperaturas (50 a 60°C) sofre uma transição irreversível denominada gelatinização, que pode

ser caracterizada por uma endoterma, obtida através de calorimetria diferencial de varredura (DSC), pela perda da birrefringência, observada através de microscopia de luz polarizada (perda da cruz de malta) e pelo desaparecimento da cristalinidade, evidenciada pela difração de raios-X (GARCIA *et al.*, 1997).

A gelatinização do amido é o colapso do arranjo molecular, em que o grânulo de amido sofre mudanças irreversíveis em suas propriedades, ocorrendo, absorção de água, intumescimento do grânulo, perda da cristalinidade e lixiviamento de alguns componentes, principalmente amilose (ZHONG *et al.*, 2009).

A temperatura, tamanho, concentração dos grânulos e a presença de lipídeos podem influenciar o comportamento geral do amido (JANE *et al.*, 1999). O inchamento dos grânulos e a solubilização da amilose e amilopectina induzem a gradual perda da integridade granular com a geração de uma pasta viscosa (CEREDA, 2001). As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, as quais têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido usando equipamentos denominados amilógrafos. No amilógrafo, durante a fase inicial de aquecimento de uma suspensão aquosa de amido, um aumento na viscosidade é registrado quando os grânulos começam a inchar. Neste ponto, polímeros com baixo peso molecular, particularmente moléculas de amilose, começam a ser lixiviadas dos grânulos. Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, devido ao inchamento total da maioria dos grânulos (TSAI *et al.*, 1997). Durante a fase de temperatura constante (95°C) os grânulos começam a se romper e continua a solubilização dos polímeros. Neste ponto ocorre uma queda na viscosidade. Na fase de resfriamento, moléculas de amilose e amilopectina solubilizadas começam a se reassociar e outro aumento na viscosidade é registrado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação (MATSUGUMA, 2006). Para Valério (1995), a temperatura de gelatinização é uma propriedade física do amido, definido como a temperatura na qual os grânulos de amido começam a inchar irreversivelmente em água quente, com simultânea perda de cristalinidade e birrefringência (sob luz polarizada). Está associado ao tempo de cocção, absorção de água e pode variar entre 55°C e 79°C.

A retrogradação é basicamente um processo de cristalização das moléculas de amido que ocorre pela forte tendência de formação de pontes de hidrogênio entre moléculas adjacentes. A associação das moléculas do amido propicia o desenvolvimento de uma rede tridimensional mantida coesa pelas áreas cristalinas. Esta rede é formada por grânulos de amido parcialmente inchados e componentes do amido em solução. A formação desta rede durante o resfriamento resulta no aparecimento de gel (HOOVER, 2001). Com o tempo, este gel formado tem a tendência de liberar água. Esta liberação de água é conhecida como sinérese e é comumente encontrada em alguns produtos como molhos em geral (CEREDA *et al.*, 2001).

Devido à retrogradação se potencializar em temperaturas de refrigeração, a sinérese é frequente em produtos refrigerados e congelados. Amidos de diferentes fontes botânicas retrogradam em diferentes valores de temperatura (CEREDA *et al.*, 2001).

Para Valério (1995), a temperatura de gelatinização é uma propriedade física do amido, definido como a temperatura na qual os grânulos de amido começam a inchar irreversivelmente em água quente, com simultânea perda de cristalinidade e birrefringência (sob luz polarizada). Esta propriedade está associada ao tempo de cocção e a absorção de água e esta pode variar entre 55°C e 79°C. Fitzgerald, Mccouch e Hall (2008), ao estudarem os efeitos da cristalinidade do amido no tempo de cocção, verificaram que o tempo de cocção é determinado pela temperatura em que as estruturas cristalinas do amido começam a se solubilizar.

O teor de amilose é o principal determinante das características de cocção do arroz beneficiado. A razão amilose/amilopectina do amido está diretamente relacionada com o volume de expansão, absorção de água e resistência à desintegração do arroz durante o cozimento (MARTINEZ; CUEVAS, 1989).

3.7.4. Propriedades Viscoamilográficas

Analisador de viscosidade Rapid Visco Analyser é o mais efetivo equipamento disponível no mercado para determinação da viscosidade de amido e de farinha por ocasião do cozimento. A viscosidade é uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos, e sua representação em forma de curva,

demonstram o seu comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, devido às modificações estruturais das moléculas de amido e a tendência a retrogradação durante o resfriamento (SEBIO, 1996).

De acordo com Thomas e Atwell (1999), as mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos. Estas alterações são medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido utilizando equipamentos como viscoamilógrafo de Brabender e, mais recentemente, o Rápido Visco Analisador (RVA).

Segundo Franco *et al.* (2001), a viscosidade de pasta do amido, avaliada em viscoamilógrafo, parece ser determinada por dois fatores: o grau de inchamento dos grânulos e a resistência desses à dissolução pelo calor ou a fragmentação pela agitação mecânica.

Uma alta viscosidade é desejável para usos industriais, nos quais o objetivo é o poder espessante. Para isso, é necessário o controle da retrogradação no resfriamento. Uma das propriedades mais importantes do amido é a gomificação, que possibilita absorção, no aquecimento, de até 2,5 mil vezes seu peso em água. O aquecimento em excesso de água causa o intumescimento irreversível, porém limitado, dos grânulos, os quais se tornam muito sensíveis a estresses mecânico e térmico ou à acidez do meio. Mas, uma vez resfriado, ou ainda, congelado, os polímeros de amido nativo se reagrupam, liberando água e danificando o gel formado (BOURSIER, 1994; CEREDA, 2002).

A determinação do comportamento de pasta durante o aquecimento e resfriamento do amido é determinada no RVA, conforme Fig. 7.

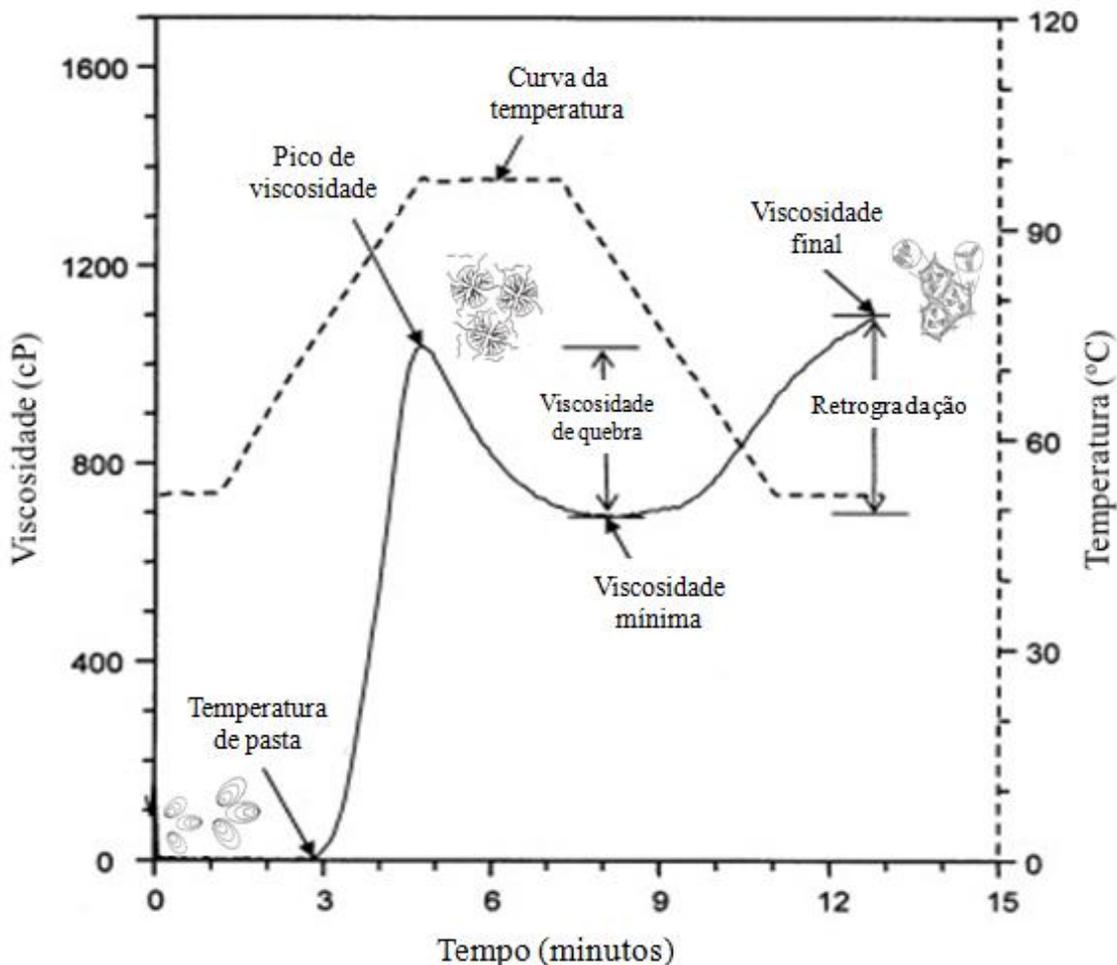


Figura 7. Esquema de uma curva típica de comportamento de pasta obtido de um Rapid Visco Analyzer (RVA). FONTE: adaptado de Kaur et al. (2009).

3.7.5. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A calorimetria diferencial de varredura (DSC), quando aplicada ao amido, fornece medidas quantitativas do fluxo de calor associado à gelatinização, em que os picos endotérmicos são indicativos de fusão. Para detecção das fases de transição nos amidos, os métodos de DSC têm a vantagem de serem independentes da birrefringência dos grânulos. As mudanças de entalpia observadas em DSC geralmente são relacionadas à transição do tipo ordem e desordem dos cristais presentes em extensos arranjos ordenados internos e em regiões de menor ordem cristalina do grânulo (KARLSSON e ELIASSON, 2003).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

Foram utilizados cinco genótipos de arroz irrigado, sendo uma cultivar convencional, BR IRGA 409, e quatro cultivares híbridas: AVAXI CL, Arize QM 1010, BRS CIRAD 302 e INOV CL, produzidos em sistema irrigado, na Estação Experimental de Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, região sul do Rio Grande do Sul, conduzidas agronomicamente de acordo com as recomendações da subcomissão de manejo da Cultura e dos Recursos Naturais (SOSBAI, 2011).

4.2. Métodos

4.2.1. Delineamento do experimento de campo

O cultivo foi conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2011/2012.

As densidades de semeadura e espaçamento entre linhas adotados foram as recomendadas pela SOSBAI, 2011.

O delineamento utilizado foi completamente casualizado, com quatro repetições, totalizando 20 parcelas. O tamanho das parcelas foi de nove linhas, de quatro metros de comprimento cada, espaçadas de 17,5 cm entre si perfazendo uma área total de 6,2 m². Foi determinada a área útil de cada parcela, descartando 50 cm nas bordas onde foram colhidos os grãos provenientes do colmo principal e dos perfilhos devidamente identificados.

Na Figura 8 estão apresentadas as parcelas do plantio de arroz do experimento conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas (ETB), da

Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2011/2012.



Figura 8. Plantio de arroz conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2011/2012.

4.2.2. Avaliação do número de perfilhos e produção por planta

No momento da colheita, realizou-se uma amostragem de 5 plantas por parcela, para contagem dos perfilhos e avaliação do peso dos grãos das panículas dos colmos principais e dos perfilhos, com o objetivo de determinar a participação de cada um na produtividade. A pesagem foi realizada logo após a colheita e expressa para umidade de 13 °C.

4.2.3. Obtenção e condicionamento das amostras

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por parcela, quando os grãos atingiram de 25 a 18% de umidade, de acordo com o ciclo de cada cultivar. A seguir foi realizada a secagem das panículas em câmaras com

circulação forçada de ar, à temperatura ambiente. Após procedeu-se a trilha e separação da palha dos grãos de forma manual, sendo esta última, com auxílio de uma peneira. Os grãos de cada parcela pré-limpa, foram embalados em sacos de algodão, identificados, e armazenados em ambiente climatizado a 15°C, até o início das avaliações laboratoriais.

4.2.4.Extração do amido de arroz

As amostras de arroz foram descascadas e polidas em engenho de provas modelo ZACCARIA, modelo PAZ-1-DTA. Os grãos, livres de impurezas e de quebrados foram moídos em moinho Perten, para a obtenção de arroz moído.

A extração de amido foi baseada no método descrito por Wang; Wang (2004), com algumas modificações (Fig 9). O arroz moído foi adicionado de solução de NaOH 0,1% na proporção de 1:2 (p/v) e deixada em repouso durante 18 horas à temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 2$). Após a dispersão, foi submetida a agitação vigorosa em Blender durante dois minutos. O material resultante foi passado por peneira de 63 μm e centrifugado a 1200 g durante cinco minutos à temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 2$). O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi ressuspenso em solução de NaOH 0,1%, sendo centrifugado novamente, em operação realizada duas vezes. O amido extraído foi disperso com água destilada e neutralizado com HCl 1M até pH 6,5 e centrifugado. O material sedimentado foi ressuspenso em água destilada e centrifugado, em operação repetida duas vezes. O amido resultante foi secado em estufa com circulação de ar a 40°C até $11\% \pm 0,5$ de umidade. O rendimento de extração de amido foi calculado em percentagem, com base na quantidade de amido extraído sobre a quantidade inicial de grãos de arroz moído.

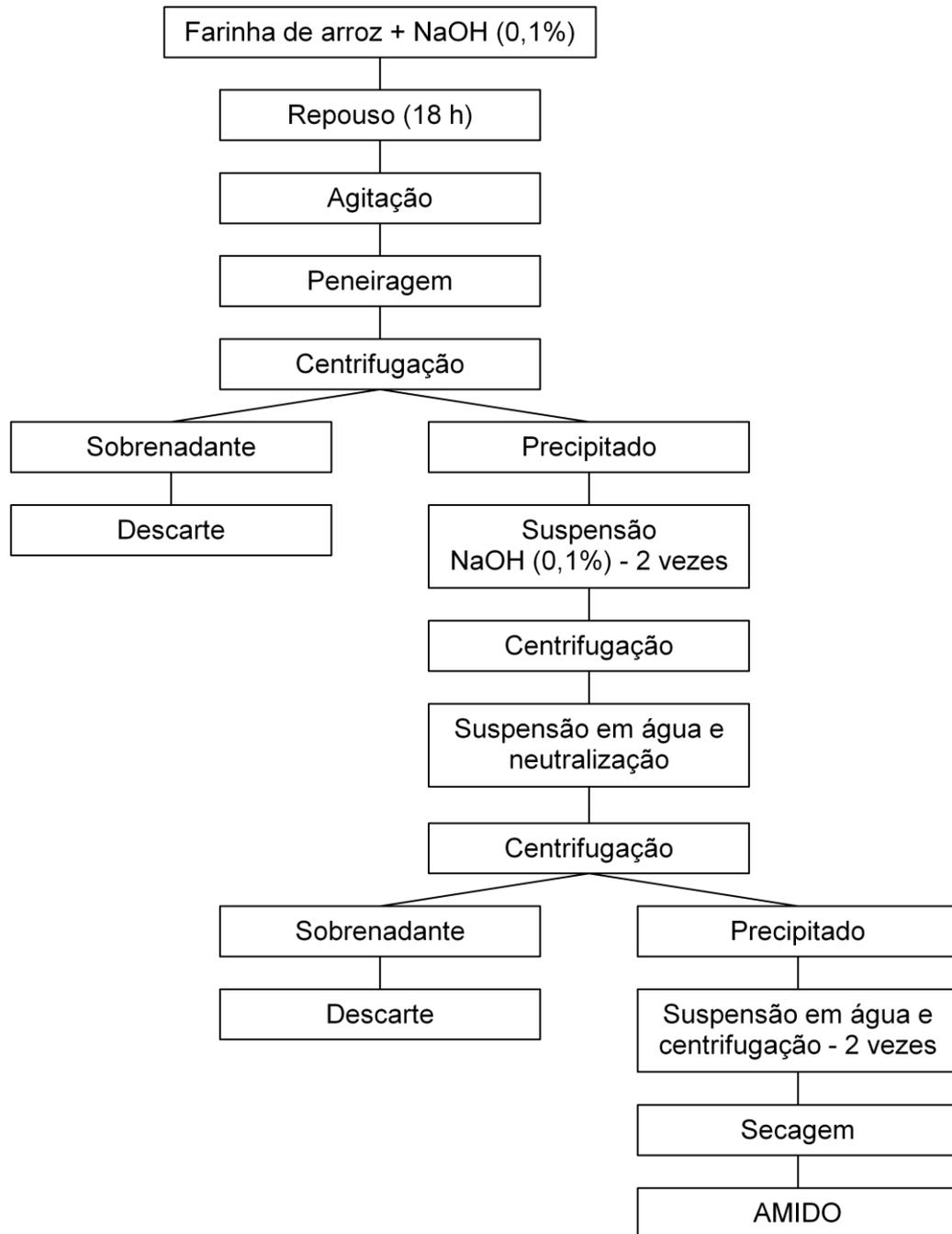


Figura 9. Fluxograma de extração de amido de arroz pelo método alcalino. Fonte: Adaptado de ZAVAREZE, 2009.

4.2.5 Avaliações laboratoriais

Foi analisado grau de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, cinza, fibras, pesa de mil grãos, dimensões dos grãos, casca, farelo, gérmen, grau do gessamento, perfil branquimétrico, tempo de cocção, rendimentos de cocção, rendimento de extração de amido, teor de amilose, solubilidade, poder de inchamento, propriedades viscoamilográficas, calorimetria diferencial de varredura (DSC) e análise estatística.

As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, DCTA-FAEM-UFPel.

4.2.4.1. Grau de umidade

O grau de umidade dos grãos de arroz foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar, por 24 horas, de acordo com o método oficial preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). Foram utilizadas três repetições, com 10 g, para cada amostra.

4.2.4.2. Proteína bruta

O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método Kjeldahl, pelo uso do fator 5,95 para conversão de nitrogênio em proteína, conforme procedimento da AOAC (1997).

4.2.4.3. Extrato etéreo

O extrato etéreo foi determinado com uso do extrator tipo Soxhlet de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

4.2.4.4. Cinzas

O conteúdo de matéria mineral ou cinzas foi determinado em mufla, a $550^\circ\text{C}/5\text{h}$ de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

4.2.4.5.Fibras

A determinação de fibras foi realizada utilizando método químico, determinando o resíduo orgânico insolúvel da amostra, após digestão ácida e alcalina de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

4.2.4.6.Peso de mil grãos

Determinado segundo a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), através da contagem de 50 grãos em quadruplicata e calculado o peso de mil grãos.

4.2.4.7.Dimensões dos grãos

Foi utilizado um paquímetro digital para obtenção de largura, espessura e comprimento com quatro repetições de 50 grãos, escolhidos aleatoriamente da amostra de arroz previamente homogeneizada.

4.2.4.8.Desempenho industrial

Antes do beneficiamento, todas as amostras foram submetidas às operações de limpeza e seleção, em máquina INTECNAL de ar e peneiras planas e cilíndricas.

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

4.2.4.8.1.Descascamento

Após a limpeza, as amostras de 100 g de grãos de arroz em casca foram desprovidas das glumelas (lema e pálea), na operação denominada de descascamento, realizada em engenho de provas marca ZACCARIA, modelo PAZ-

1-DTA, de acordo com as recomendações prescritas no manual de operações fornecido pelo fabricante. Os grãos que não tiveram sua casca removida na primeira passagem, denominados marinheiros, foram separados manualmente, pesados e descontados da amostra original.

4.2.4.8.2. Polimento

O polimento foi realizado no engenho de provas marca ZACCARIA, modelo PAZ-1-DTA, onde as amostras permaneceram por um minuto no brunidor, após foram pesados e os valores encontrados foram considerados como renda de benefício, com dados em porcentagem, o tempo foi determinado de acordo com testes preliminares.

4.2.4.8.3. Casca, Farelo e Gérmen.

Para determinação da quantidade de casca, farelo e gérmen foram realizados cálculos, por diferença, nas operações de descascamento e brunimento.

Na determinação da quantidade de germe foram contados e pesados 100 grãos descascados sendo extirpado o germe e pesados novamente, pela diferença de peso estabeleceu-se a porcentagem.

4.2.4.8.4. Separação dos grãos quebrados e quirera

O material descascado e polido passou por uma peneira de furos redondos de 1,6 mm para separação da quirera. Posteriormente, os grãos polidos foram colocados no "trieur" n^o2 "(cilindro alveolado), próprio engenho de provas, por 30 segundos, e separados em inteiros e quebrados". Para uma melhor precisão da análise, ambas as frações foram repassadas manualmente na mesa de classificação (BRASIL,2009).

4.2.4.8.5. 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 06/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009).

Após estas etapas as amostras estavam prontas para as análises posteriores.

4.2.4.8.6. Avaliação grau do gessamento

Foi determinado de acordo com escala de identificação de centro branco em grãos de arroz proposta por Martinez e Cuevas (1989).

4.2.4.8.7. Perfil branquimétrico

Foi determinado em branquímetro marca ZACCARIA, modelo MBZ-1, operado conforme recomendações do fabricante. O equipamento fornece os graus de brancura, transparência e polimento, utilizando escala própria.

4.2.4.8.9. Comportamento na cocção

O comportamento na cocção é avaliado a partir do tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico.

Para determinar essas características, foram avaliadas de acordo com a metodologia proposta por Martinez; Cuevas (1989), com adaptações.

As amostras compostas de grãos inteiros sem defeitos, dos colmos principais e colmos dos perfilhos, distintamente, foram cozidas simultaneamente em chapa de ferro aquecida por energia elétrica, em panelas apropriadamente desenvolvidas para tal experimento, eram compostas de 30g de arroz, sendo adicionada água com temperatura de 95°C, medida com auxílio de proveta determinando-se as diferentes proporções de água.

Após a adição da água, as panelas foram tampadas, mantendo o controle da temperatura com auxílio de termômetro.

4.2.4.9.1. Tempo de Cocção

O tempo de cocção foi marcado por cronômetro digital até que a temperatura da água na panela atingisse 80°C, e deixando cozinhar sem transbordamento.

Verificação da porcentagem de grãos de arroz cozidos a partir de 10 minutos de cozimento. Como padrão, adota-se 90% como sendo a quantidade mínima de grãos sem translucidez para que o arroz esteja cozido. A presença de translucidez no centro dos grãos é visualizada com luz polarizada através de placas de vidro. Análise realizada conforme metodologia desenvolvida por Gularte (2002).

4.2.4.9.2. Rendimentos de Cocção

A partir do volume dos grãos de arroz (medido em proveta), adiciona-se água nas proporções de 1,8 a 2,2. Quando a temperatura da água atingir 80°C inicia a contagem do tempo de cocção previamente obtido. Após 30 min. de repouso pesa-se o recipiente em balança semi-analítica e mede-se a altura do arroz através do paquímetro. Análise realizada conforme metodologia desenvolvida por Gularte (2002).

O rendimento volumétrico foi determinado conforme a equação 2.

$$Rv = \frac{Vf}{Vi} \cdot 100$$

(Equação 2)

Rv = Rendimento volumétrico (%);

Vf = Volume final - arroz cozido (cm³);

Vi = Volume inicial - arroz cru (cm³)

O rendimento gravimétrico foi determinado conforme a equação 3.

$$Rg = \frac{Pf}{Pi} \cdot 100$$

(Equação 3)

Rg = Rendimento gravimétrico (%);

Pf = Peso final - arroz cozido (g);

Pi = Peso inicial - arroz cru (g).

4.2.4.10. Teor de amilose

O teor de amilose foi determinado por método colorimétrico com iodo, conforme método de McGrane; Cornell e Rix (1998) com modificações sugeridas por Hoover e Ratnayake (2000).

Aproximadamente 20 mg de amido desengordurado (b.s) juntamente com 8mL de DMSO (dimetilsulfóxido) à 90% foi agitado durante 20 min e posteriormente condicionado à banho de 85°C/15 min. Após arrefecimento, o conteúdo foi transferido para balão volumétrico de 25 mL e homogeneizado. Uma alíquota de 1mL da solução foi adicionada de 5mL de solução de I₂/KI (0,0025M de I₂ e 0,0065M de KI) e o volume completado para 50mL. A solução resultante foi homogeneizada e mantida em repouso por 15 min. previamente a leitura da absorbância em 600nm. Para a realização da curva de calibração foi utilizado 20 mg de amilose de batata pura submetida ao mesmo processo descrito para o amido, sendo retiradas alíquotas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0mL para determinação da absorbância.

De acordo como teor de amilose os amidos foram classificados como sendo de alto teor de amilose (>25%), médio teor de amilose (20-25%), baixo teor de amilose (12-20%) ou ceroso (<12%), conforme proposto por Techawipharat *et al.* (2008).

4.2.4.11. Solubilidade e poder de inchamento

O poder de inchamento e a solubilidade das amostras foram determinados nas temperaturas de 90°C, conforme método descrito por Leach *et al.* (1959). Foram dispersos 1 g de amostra em 50 mL de água destilada, em tubos de

centrifuga, previamente pesados. As dispersões foram vigorosamente agitadas (10 segundos) e colocadas em banho-maria por 30 minutos, após as amostras foram centrifugadas a 1000 g por 20 minutos. O sobrenadante foi coletado e seco em estufa até peso constante, para a quantificação da fração solúvel. Os tubos com as amostras intumescidas foram pesados para determinar o poder de inchamento. A solubilidade foi calculada pela relação da massa solúvel e a massa inicial de amido, expressa em percentagem, enquanto o poder de inchamento foi obtido pela relação da massa final intumescida pela massa inicial de amido.

4.2.4.12. Propriedades viscoamilográficas

As propriedades viscoamilográficas dos amidos foram avaliadas pelo RVA “Rapid Visco Analyser” (modelo RVA-4, Newport Scientific, Austrália), através do perfil Standard Analysis 1 (Tabela 3), utilizando 3,0 g de amostra corrigida para 14% de umidade. Foi avaliada a temperatura de início de formação de pasta, viscosidade máxima, quebra da viscosidade, viscosidade final e capacidade de retrogradação.

Tabela 3. Programação do RVA utilizada nas análises de propriedades de pasta dos amidos e farinhas de arroz

Tempo (hora:min:seg)	Tipo (Temperatura/velocidade)	Valor (°C ou rpm)
00:00:00	Temperatura	50
00:00:00	Velocidade	960
00:00:10	Velocidade	160
00:01:00	Temperatura	50
00:04:42	Temperatura	95
00:07:12	Temperatura	95
00:11:00	Temperatura	50

Final do teste: 00:13:00

As características avaliadas foram:

- Temperatura de pasta: temperatura em °C, calculada com base no tempo de funcionamento do RVA (6°C.min-1); correspondente ao ponto onde se inicia a formação da curva;

- Viscosidade máxima: viscosidade máxima desenvolvida durante o período de aquecimento, expressa em RVU (Unidade de medida viscoamilográfica fornecida pelo Rapid Visco Analyser).

- Viscosidade de quebra: diferença de viscosidade entre o pico máximo e a viscosidade mínima a 95°C;

- Retrogradação: diferença de viscosidade mínima a 95°C e a viscosidade final, também chamado de setback.

- Viscosidade final: valor da viscosidade, obtido no ponto final do ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C expressa em RVU.

4.2.4.13. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

As propriedades térmicas foram avaliadas em calorímetro diferencial de varredura (DSC), marca Shimadzu, modelo TA-60WS. Foram pesadas $\pm 2,5$ mg de amido em placas de alumínio e adicionado água destilada (1:3 p/p). As placas foram hermeticamente fechadas e deixadas estabilizar durante uma hora antes da realização das análises. As placas contendo as amostras foram aquecidas, juntamente com uma placa vazia como referência, sob atmosfera de nitrogênio de 20 a 120°C com uma rampa de aquecimento de 10°C por minuto. A entalpia de gelatinização (ΔH), temperatura inicial (T_0), pico de temperatura (T_p), temperatura final (T_c) de gelatinização foram computados automaticamente e foi calculada a diferença de temperaturas ($T_c - T_0$).

4.2.5. Análise estatística

Foram realizadas a análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ambas a 5% de significância ($p < 0.05$), através do programa Statistica 6.0 (STATSOFT, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Umidade de colheita

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios para o grau de umidade dos grãos do colmo principal e dos perfilhos de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 4. Grau de umidade dos grãos de arroz de genótipos na colheita, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Umidade (% b.u.) ^{1/}		
	Colmo Principal (CP)	Perfilho (PF)	CP- PF
BR IRGA 409	22,67 aB	25,70 aA	3,03
AVAXI CL	20,23 aB	23,23 abA	3,00
INOV CL	21,23 aB	23,97 abA	2,74
BRS CIRAD 302	19,23 aB	20,50 bA	1,27
Arize QM 1010	22,83 aA	23,50 abA	0,67

^{1/} Base úmida; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se na tabela 4 que a umidade é maior nos grãos dos perfilhos (PF) do que no colmo principal (CP), exceto na cultivar Arize QM 1010, que não apresentou diferença significativa. O comportamento da umidade dos grãos oriundos das diferentes estruturas da planta (CP e PF) sofre influência da cultivar.

Kunze & Nguyen (1985) e Srinivas & Bhashyam (1985), relataram que as diferenças no conteúdo de água dos grãos na colheita podem ser influenciadas pelo processo de perfilhamento, que apresenta duração de três a seis semanas, dependendo da população de plantas, fertilidade do solo, clima, cultivar entre outros fatores. Isso justifica as diferenças de umidade da colheita encontradas entre o colmo principal e perfilhos nos genótipos estudados.

5.2. Avaliação do número de perfilhos e participação por planta

Na Tabela 5 são apresentados os resultados para o número de perfilhos, massa de grãos e percentagem de participação do colmo principal e dos perfilhos na produção da planta de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 5. Número de perfilhos, massa de grãos e percentagem de participação do colmo principal e dos perfilhos na produção da planta de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Colmo principal (CP)		Perfilhos (PF)				CP+PF
	(g)	%	(nº)	(g/PF)	(g)	%	(g)
BR IRGA 409	2,87 aA*	30,8a	3,59 b	1,82 aB	6,24	69,2b	9,13 b
AVAXI CL	3,32 aA	21,0b	7,58 a	1,83 aB	12,74	79,0a	16,06 a
INOV CL	3,32 aA	18,7b	6,65 a	1,99 aB	13,40	81,3a	16,71 a
BRS CIRAD 302	3,08 aA	17,2b	8,36 a	1,86 aB	15,61	82,8a	18,69 a
Arize QM 1010	3,14 aA	19,3b	6,14 a	2,16 aB	12,91	81,6a	16,13 a

* Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que a massa de grãos das panículas do colmo principal é superior a dos perfilhos, tomados individualmente. Já a massa de grãos das panículas entre genótipos não apresentaram diferenças significativas.

O número de perfilhos por planta de todos os híbridos de arroz foi maior ao da cultivar BR IRGA 409, entretanto a massa de grãos por perfilho foi semelhante. Nos híbridos AVAXI CL, INOV CL, BRS CIRAD 302 e Arize QM 1010 os perfilhos participaram com uma maior porcentagem na produção por planta, atingindo 79,0; 81,3; 82,8 e 81,3 % respectivamente, enquanto a cultivar BR IRGA 409 atingiu 69,2%. Esse comportamento demonstra que os maiores números de perfilhos apresentados pelos híbridos propiciaram uma maior produção por planta, superior do que a produção do cultivar BR IRGA 409.

O número de perfilhos úteis encontrado no ensaio foi abaixo do encontrado por Khush (1995). Este afirma que algumas cultivares de arroz irrigado apresentam de 20 a 25 perfilhos por planta, cultivos em vasos, mas somente 14 a 15 produzem panículas, enquanto os restantes permanecem improdutivos, competindo por assimilados, energia solar e nutrientes.

A Figura 10 mostra a relação entre número de perfilhos produtivos e produção por planta, cujo coeficiente de determinação da reta (R^2) foi elevado (0,81) e o coeficiente de correlação (Pearson) de 0,90.

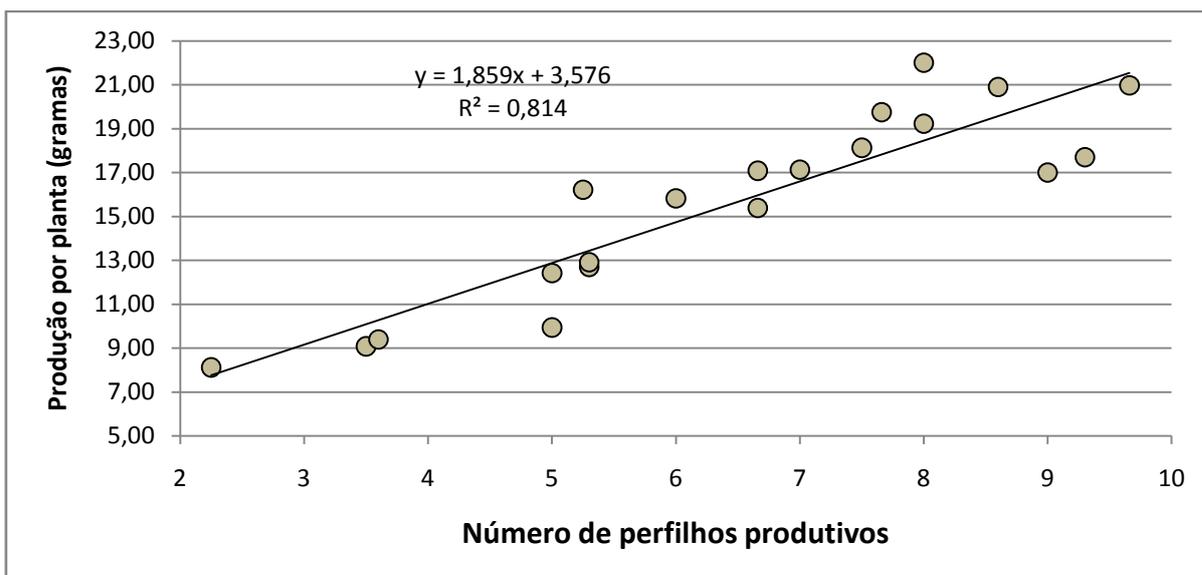


Figura 10. Gráfico da produção por planta em função do número de perfilhos.

5.3. Composição centesimal

5.3.1. Cinzas e fibra bruta

Na Tabela 6 são apresentados os valores para cinzas e fibra bruta de grãos de arroz integral de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Tabela 6. Teor de cinzas e fibra bruta em grãos de arroz integral de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Cinzas (% b.u.) ^{1/}		Fibra bruta (% b.u.)	
	CP ^{2/}	PF ^{3/}	CP	PF
BR IRGA 409	1,2 cA	1,2 cA	2,6 abcA	2,6 bA
AVAXI CL	1,2 cA	1,2 dA	2,7 abA	2,8 aA
INOV CL	1,4 aA	1,4 aA	2,5 bcA	2,6 bA
BRS CIRAD 302	1,3 bA	1,3 bA	2,8 aA	2,8 aA
Arize QM 1010	1,1 dA	1,1 eA	2,5 cA	2,6 bA

^{1/} Percentagem em base úmida; ^{2/} Colmo principal; ^{3/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O teor de cinzas não apresentou diferença entre o colmo principal e os perfilhos para todos os genótipos, somente sendo evidenciadas pequenas diferenças entre os mesmos.

Entre os genótipos, em ambas as “estruturas” (colmo principal e perfilhos), o híbrido INOV CL foi o que apresentou o maior teor de cinzas, enquanto o Arize QM 1010 o menor.

O teor de fibra bruta não apresentou diferença entre os grãos do colmo principal e dos perfilhos, somente ocorrendo diferenças entre os genótipos.

O híbrido BRS CIRAD 302 foi o que apresentou o maior teor de fibra bruta, em ambas as “estruturas” (colmo principal e perfilhos). Monks (2010) encontrou 2,4% para o arroz integral.

5.3.2. Extrato etéreo, proteína bruta e carboidratos

Na Tabela 7 são apresentados os valores para extrato etéreo, proteína bruta e carboidratos de grãos de arroz integral de cinco genótipos de arroz.

Tabela 7. Extrato etéreo, proteína bruta e carboidratos em grãos de arroz integral de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Extrato etéreo		Proteína bruta		Carboidratos	
	(% , b.u.) ^{1/}		(% , b.u.)		(% , b.u.)	
	CP ^{2/}	PF ^{3/}	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	2,4 aA	2,6 aA	8,6 abA	8,7 aA	72,9 abA	72,3 aA
AVAXI CL	2,3 aA	2,5 aA	8,4 bA	8,3 aA	72,9 abA	72,6 aA
INOV CL	2,2 aB	2,6 aA	8,5 abA	8,8 aA	72,9 abA	72,1 aB
BRS CIRAD 302	2,1 aA	2,3 aA	8,9 aA	8,9 aA	72,4 bA	72,2 aA
Arize QM 1010	2,2 aA	2,3 aA	8,2 bB	8,9 aA	73,4 aA	72,5 aB

^{1/} Percentagem em base úmida; ^{2/} Colmo principal; ^{3/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O extrato etéreo somente apresentou diferenças entre o colmo principal e os perfilhos para o híbrido INOV CL, com 2,2% nos grãos do colmo principal e 2,6% nos do perfilhos. Não ocorreram diferenças significativas no teor de extrato etéreo nos grãos de arroz entre os genótipos, tanto no colmo principal e perfilhos.

O teor de lipídios no grão também é afetado pelas características genótípicas. Taira & Itani (1988), avaliando grãos integrais de diferentes cultivares, obtiveram valores entre 2,3 e 3,2%, enquanto os resultados de Mano *et al.* (1999) variaram entre 2,2 e 2,6%, que está de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

O teor de proteína somente apresentou diferenças entre as estruturas para o híbrido Arize QM 1010, em que os grãos das panículas do colmo principal possuem menor teor de proteína bruta comparado com os grãos dos perfilhos. Comparando os genótipos, o teor de proteínas dos grãos do colmo principal só foi inferior nos híbridos AVAXI CL e no Arize QM 1010. Para os perfilhos os genótipos se equivaleram estatisticamente no teor de proteína.

Quanto aos carboidratos, ao serem determinados por diferença, as cultivares que apresentarem, maiores teores dos outros constituintes apresentarão menor teor de carboidratos.

5.4. Dimensões do grão

Na Tabela 8 são apresentadas as dimensões correspondentes às amostras de arroz com casca de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 8. Dimensões dos grãos de arroz com casca de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Dimensões (mm)					
	Comprimento		Largura		Espessura	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	9,23 cA	8,93 dA	2,33 aA	2,34 aA	2,00 aA	1,87 aA
AVAXI CL	9,86 bA	9,50 bcA	2,32 abB	2,41 aA	1,89 aA	1,81 aA
INOV CL	9,85 bA	9,91 aA	2,37 abB	2,46 aA	1,93 aA	1,89 aA
BRS CIRAD 302	9,14 cA	9,17 cdA	2,30 bA	2,34 aA	1,79 aA	1,73 aA
Arize QM 1010	10,32 aA	9,80 abB	2,44 abA	2,43 aA	2,03 aA	1,78 bB

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (cultivares) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As dimensões dos grãos do colmo principal e dos perfilhos apresentaram diferenças para alguns genótipos. Os híbridos AVAXI CL e INOV CL apresentaram

maior largura no grão dos perfilhos do que no colmo principal. O Arize QM 1010 teve o comprimento e a espessura dos grãos do colmo principal maior que os do perfilho. Também apresentou o maior comprimento dos grãos oriundos do colmo principal entre os genótipos.

Os grãos avaliados tiveram comprimento superior a 6,00 mm e o resultado da divisão do comprimento pela largura maior ou a 2,75 (dois vírgula setenta e cinco), todos os grãos foram considerados da classe longo finos. A avaliação das dimensões dos grãos de arroz é importante para enquadrar a classe do genótipo na classificação oficial, (Brasil 2009) e também na regulagem de equipamentos nos processos de industrialização.

5.5. Peso de mil grãos

Na Tabela 9 é apresentado o peso de mil grãos de arroz em casca natural de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 9. Peso de mil grãos de arroz com casca, de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Peso de mil grãos (g)	
	Colmo Principal	Perfilhos
BR IRGA 409	23,18 cA*	22,78 dB
AVAXI CL	26,14 bA	25,52 cB
INOV CL	27,20 bA	26,82 bA
BRS CIRAD 302	22,83 cA	21,92 eA
Arize QM 1010	29,21 aA	28,67 aB

* Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observando-se os dados apresentados nas Tabelas 9 para arroz natural em casca, verificam-se diferenças significativas nos pesos de mil grãos entre as estruturas da planta. Os genótipos BR IRGA 409, AVAXI CL, Arize QM 1010 apresentaram maior peso de mil grãos no colmo principal do que nos perfilhos.

Ao avaliar os genótipos entre si, pode-se constatar que O híbrido Arize QM 1010 apresentou o maior peso de mil grãos para o colmo principal (29,21g), seguido de AVAXI CL (26,14g) e INOV CL (27,20g), e com menor peso o BRS CIRAD (22,83g) e IRGA 409 (23,18g). Os grãos provenientes dos perfilhos apresentaram

diferenças significativas entre todos os genótipos, sendo maior valor para o Arize QM 1010 (28,67g) e o menor o BRS CIRAD 302 (21,92g).

Analisando as Tabelas 8 e 9, verifica-se que há uma relação entre as dimensões e peso de mil grãos, o maior comprimento de grãos corresponde a um maior peso de mil grãos.

5.6. Desempenho industrial

5.6.1. Descascamento e polimento

5.6.1.1. Casca, farelo e gérmen

Na Tabela 10 estão apresentados os percentuais de casca, farelo e germe de grãos provenientes do beneficiamento de cinco genótipos de arroz irrigado.

. **Tabela 10.** Percentual de casca, farelo e gérmen no descascamento e polimento em grãos de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas.

	Casca (%)		Farelo (%)		Germen (%)	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	21,6 aA*	21,6 aA	8,7 dA	8,8 dA	1,9 baA	2,1 bA
AVAXI CL	19,5 bA	20,0 bA	10,2 cA	8,9 cB	2,3 aA	2,6 aA
INOV CL	19,2 bA	20,0 bA	12,0 bA	11,1 bB	2,1 baA	1,9 bA
BRS CIRAD 302	21,0 aA	20,4 abA	7,9 dB	8,5 cA	2,1 baA	2,2 bA
Arize QM1010	19,7bA	20,5 abA	13,6 aA	11,6 aB	1,8 bA	1,9 bA

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Analisando a Tabela 10 verifica-se que não houve diferenças no percentual de casca entre o colmo principal e os perfilhos para todos os genótipos. Entre os genótipos, a cultivar BR IRGA 409 e o híbrido BRS CIRAD 302 apresentaram mesmo percentual de casca tanto para os grãos do colmo principal como dos perfilhos. Isso se deve aos mesmos apresentarem menor peso de mil grãos, aumentando a superfície de casca.

Os genótipos Arize QM 1010 seguido do INOV CL e AVAXI CL apresentaram maior percentagem de farelo, e o menor percentual com o BR IRGA 409 e BRS CIRAD 302, em ambas as estruturas.

O teor de germe variou de 1,8 a 2,6%, sendo maior no AVAXI CL nas duas estruturas. Estes valores ficaram dentro da faixa de 2 a 3 % do grão integral, citada por Marshall e Wadsworth, (1993).

O arroz integral, submetido ao polimento, perde as camadas de pericarpo, aleurona, subaleurona, o gérmen e um pouco do endosperma, restando apenas o endosperma amiláceo. As frações que são perdidas com o polimento formam o farelo, que compreende de 6 a 10% do grão integral. No caso do Arize QM 1010 este valor atingiu 13,6%, e ficou acima do indicado por Coffman e Juliano, 1987; Juliano & FAO, (1993) para algumas cultivares.

5.6.1.2.Renda do benefício e rendimento grãos inteiros

Na Tabela 11 são apresentados a renda do benefício e o rendimento de grãos inteiros provenientes do beneficiamento de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 11. Renda do benefício e rendimento de grãos inteiros de cinco cultivares de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Renda do benefício (%)		Inteiros (%)	
	CP ^{2/}	PF ^{3/}	CP	PF
BR IRGA 409	68,08 bA*	67,01 abA	64,67 abA	63,27 aA
AVAXI CL	72,20 aA	68,17 bB	64,27 abA	59,37 abB
INOV CL	65,40 cA	63,92 cB	61,87 bA	59,87 bB
BRS CIRAD 302	71,96 aA	70,55 aA	66,23 aA	63,67 aB
Arize QM 1010	65,40 cA	64,39 cA	56,83 cA	54,83 cB

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Analisando a tabela 11 observa-se que existem diferenças significativas na renda do benefício entre o colmo principal e perfilhos, nos genótipos AVAXI CL e INOV CL que apresentaram maior renda no colmo principal, as demais estudadas não apresentaram diferenças.

Ao analisar os genótipos entre si verificou-se que no colmo principal e perfilhos dos genótipos AVAXI CL e BRS CIRAD 302 tiveram a maior renda, a cultivar BR IRGA 409 apresentou renda intermediária, enquanto INOV CL e Arize QM 1010 obtiveram menor rendimento igualando-se entre si.

O rendimento de grãos inteiros do colmo principal e dos perfilhos somente não apresentou diferença para o cultivar BR IRGA 409. Para todos os híbridos, o colmo principal produziu maior percentual de grãos inteiros do que os perfilhos. Quando se avalia o rendimento de grãos inteiros entre os genótipos, em ambas as estruturas, o BR IRGA 409, AVAXI CL e BRS CIRAD 302 apresentaram os mesmos desempenhos seguidos do INOV CL e o Arize QM1010, este último com o menor rendimento.

O híbrido Arize QM 1010, tanto na renda do benefício como no rendimento de grãos inteiros, apresentou os menores valores ao comparar com os demais genótipos, no entanto os valores para percentual de farelo foram os mais elevados (Tab. 10), indicando uma menor resistência à abrasividade do polimento, devido ao seu maior comprimento de grão (Tab. 7) e/ou características intrínsecas do genótipo. Estes rendimentos estão de acordo com os citados pela literatura (AMATO, ELIAS, 2005; FAGUNDES *et al.*, 2006).

5.6.1.3. Quebrados e quirera

A Tabela 12 contém os valores de quebrados e quirera provenientes do beneficiamento de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 12. Quebrados e quirera, de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Quebrados (%)		Quirera (%)	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}	CP	PF
BR IRGA 409	3,41 cA*	3,73 bcA	0,67 bA	0,67 cA
AVAXI CL	7,93 aB	8,80 aA	1,07 abA	1,21 abA
INOV CL	3,53 cA	4,05 cA	0,79 bA	0,96 bcA
CIRAD 302	5,73 bB	6,88 bA	1,01 bA	1,17 abA
Arize QM 1010	8,57 aB	9,56 aA	1,48 aA	1,47 aA

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 12 ocorreram diferenças significativas nos valores de grãos quebrados nos grãos do colmo principal e dos perfilhos, exceto o BR IRGA 409 e o INOV CL, os demais genótipos, tiveram maior percentual de quebrados nos perfilhos. Entre os genótipos, os maiores percentuais de quebrados ficaram o AVAXI CL e o Arize QM 1010, o BRS CIRAD 302 um percentual intermediário os menores com o BR IRGA 409 e INOV CL. Para o percentual de quirera, o comportamento foi o mesmo, com exceção do BRS CIRAD 302 que também se igualou aos de maior teor de quirera.

A presença de quebrados pode causar a diminuição da quantidade total de grãos descascados, pois esta fração de grãos pode ser eliminada junto com as cascas, assim como a redução da renda do benefício pelo aumento do teor de farelo, ocasionando perda do valor econômico do produto (CRUSCIOL et al., 1999).

5.6.2. Identificação e separação de defeitos

5.6.2.1. Grãos Gessados

Na Tabela 13 estão apresentados os percentuais de defeitos de grãos gessados provenientes do beneficiamento de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 13. Gessados de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS.

Genótipos	Gessados (%)	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}
BR IRGA 409	0,9 abA	1,0 abA
AVAXI CL	1,1 aA	1,5 aA
INOV CL	0,4 bB	0,8 bA
BRS CIRAD 302	0,4 bA	0,8 bA
Arize QM 1010	0,9 abB	1,3 abA

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Analisando a Tabela 13 verifica-se que para os grãos do colmo principal e dos perfilhos, foram encontradas diferenças significativas de gessados nos genótipos INOV CL, Arize QM 1010 sendo maior percentual de gessados nos perfilhos. Entre os genótipos, os maiores teores de gessados tanto para o colmo

principal como os perfilhos foram observados no AVAXI CL, INOV CL E BRS CIRAD 302 e os menores no BR IRGA 409 e o Arize QM 1010.

O perfilhamento pode apresentar períodos mais prolongados na emissão das panículas e conseqüentemente, maior desuniformidade de maturação. A colheita de grãos com teores de umidade acima de 23 % contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, o que aliado a fatores ambientais e genéticos, constituem as principais causas do aparecimento de grãos gessados (CASTRO, *et al.* 1999, SHEN, 2000, TANG *et al.* 1999).

O maior percentual de quebrados nos grãos oriundos do perfilhos nos indica que é devido grãos com grânulos mal formados. Os grãos gessados são formados por arranjos de forma não compacta entre os grânulos de amido e proteína, apresentando espaços de ar entre si (PEREIRA; RANGEL, 2001).

Roa & Vallejo (1976), Bhashyam *et al.*, (1985) e Fernandes & Amorin Neto (1986) encontraram diferenças entre os genótipos, quando ao surgimento de grãos gessados, sugerindo que esse problema pode ser minimizado se nos programas de fitomelhoramento essa característica for avaliada, antes da liberação do genótipo para cultivo comercial.

5.6.2.2. Defeitos metabólicos

Os defeitos metabólicos em grãos de arroz de cinco genótipos de arroz irrigado estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Defeitos metabólicos, de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011.

Genótipos	Picados					
	Ardidos (%)		/manchados(%)		Amarelo (%)	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	0,06 aA*	0,07 aA	0,42 aB	0,80 aA	0,5 abA	0,5 abA
AVAXI CL	0,06 aA	0,08 aA	0,43 aB	0,65 abA	0,7 aA	0,3 bB
INOV CL	0,06 aB	0,11 aA	0,32 baB	0,48 bA	0,2 bA	0,4 bA
BRS CIRAD 302	0,09 aA	0,11 aA	0,22 bB	0,53 bA	0,2 bB	0,7 aA
Arize QM 1010	0,05 aA	0,07 aA	0,25 aB	0,71 aA	0,6 aB	0,9 aA

Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (cultivares) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Pode ser observado na Tabela 14 que os defeitos metabólicos ardidos não apresentaram diferenças significativas, com exceção do INOV CL, entre grãos do colmo principal e perfilhos e entre os genótipos, situando-se em torno de 0,1% deste defeito, indicando uma boa qualidade de grãos quanto ao teor dos ardidos pela normativa do MAPA, (Brasil 2009).

Avaliando-se os picados e manchados verifica-se que os perfilhos apresentaram maior percentual desse defeito, indicando uma maior preferência dos insetos pelos grãos oriundos dos perfilhos, em todos os genótipos. Entre os genótipos, os grãos do colmo principal do BR IRGA 409 e AVAXI CL tiveram maiores percentuais de picados e manchados e o BRS CIRAD 302 e Arize QM 1010 o menor. Ao analisar os grãos dos perfilhos entre os genótipos, o BR IRGA 409, AVAXI CL Arize e QM 1010 apresentaram os maiores valores.

No defeito metabólico amarelo, ocorreu diferença significativa entre as estruturas, com AVAXI CL que apresentou maior teor de amarelo no colmo principal e o BRS CIRAD 302 nos perfilhos.

Os defeitos de origem metabólica são utilizados na tipificação do arroz e assumem um papel importante na pós-colheita porque podem se intensificar ao longo do armazenamento, tanto em casca quanto beneficiado.

Os valores encontrados para os defeitos metabólicos foram reduzidos, demonstrando que as condições de cultivo e pós-colheita foram adequadas. Considerando-se que avaliação dos defeitos foi feita no primeiro mês após a colheita e o armazenamento realizado em condições controladas de umidade e temperatura, a contribuição deste para a intensificação desses defeitos é reduzida.

As causas de defeito amarelo em grãos de arroz são bastante controversas quanto à origem e sua intensificação, sendo relatado ataque fúngico, reações enzimáticas e químicas, estas últimas ocasionadas pelo calor e umidade, durante as operações de transporte, secagem e armazenamento. Nas condições em que o experimento foi realizado e os resultados encontrados para grãos amarelos, há evidências que esse defeito também tem origem na lavoura.

5.6.3. Grau de gessamento

Na Tabela 15 estão apresentados os percentuais de gessamento dos grãos de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 15 Percentual de gessamento em grãos de cinco genótipos de arroz irrigado

Genótipos *	Gessados							
	100 -75%		50 - 75%		25-50 %		Σ %	
	CP	PF	CP	PF	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	0,9 baA*	1,0 ^{baA}	1,3 bA	3,0 bA	2,3 bA	3,3 bA	4,5 B	7,3 A
AVAXI CL	1,1 aA	1,5 aA	4,3 aA	5,0 baA	6,3 aA	8,7 aA	11,7B	15,2 A
INOV CL	0,4 bB	0,8 bA	3,3 baB	6,7 aA	3,3 baB	7,7 aA	7,0 B	15,2 A
BRS CIRAD 302	0,4 bB	0,8 bA	1,7 bA	2,7,bA	2,0 bA	3,3 bA	4,1 B	6,8 A
Arize QM 1010	0,9 baA	1,3 baA	4,0 aB	6,3 aA	5,0 baA	5,7 baA	9,9 B	13,3 A

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna (genótipos) e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os percentuais de área gessada dos grãos dos perfilhos foram maiores do que nos grãos do colmo principal em todos os valores da escala. Na soma dos percentuais em cada genótipo, comparados entre si, observa-se que os perfilhos apresentaram os maiores percentuais de gessamento.

O AVAXI CL foi o genótipo que apresentou maior teor de gessamento seguido do Arize QM 1010 e os menores para BR IRGA 409 e BRS CIRAD 302.

O maior teor de gessamento dos perfilhos deve-se provavelmente a maior desuniformidade de maturação comparados com o colmo principal, sendo as diferenças genéticas bastante evidenciadas com os resultados do experimento. Para a legislação MAPA, (Brasil 2009) grãos gessados são os que apresentam 100% de área gessada, e neste contexto todos os genótipos tiveram um bom desempenho. Entretanto, se consideramos percentuais de gessamento da área do grão, os genótipos se comportaram de forma diferenciada, o que pode acarretar em diferenças de aceitação do produto pelo consumidor.

Os resultados condizem com Franco *et al.*(2009), que também observou diferença na qualidade do grão de arroz do colmo principal e dos perfilhos. O

pesquisador verificou que os grãos dos perfilhos apresentaram maior incidência de grãos com centro branco e gessado.

Estudos realizados por Sofiatti et al. (2006) e Smiderle e Dias (2008) demonstram que a translucidez é um aspecto importante relacionado com a qualidade do grão de arroz, e é interrompida por áreas opacas no endosperma denominadas centro branco, barriga branca ou gesso, e que pode reduzir a qualidade e a translucidez nas amostras.

5.6.4. Perfil branquimétrico

Na Tabela 16 estão apresentados o grau de brancura, transparência e polimento, correspondente aos grãos de cinco genótipos de arroz irrigado.

Tabela 16. Grau de brancura, transparência e polimento em grãos de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011.

Genótipos	Perfil branquimétrico					
	Brancura		Transparência		Polimento	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	41,37 bA	40,83 bA	3,31 aA	3,27 dA	101,33 cA	103,0 dA
AVAXI CL	44,10 abA	45,63 abA	3,65 aA	3,64 cA	116,30 bcA	124,0 bcA
INOV CL	44,53 abA	46,13 abA	3,81 aA	4,05 aA	121,67 bA	127,3 abA
BRS CIRAD 302	44,60 abA	44,23 aA	3,91 aA	3,74 bcA	120,67 bA	119,7 cA
Arize QM 1010	47,63 aA	47,70 aA	4,10 aA	3,88 abA	134,67 aA	134,3 aA

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observando-se os dados na Tabela 16 é possível verificar que não houve diferença significativa para os índices de brancura, transparência e polimento entre os grãos do colmo principal e dos perfilhos.

Ao avaliar as amostras dos genótipos entre si, para o parâmetro de brancura, os grãos do genótipo Arize QM 1010 apresentou maior índice de brancura comparado aos grãos do genótipo BR IRGA 409.

Isso possivelmente se deve a sua maior dimensão (Tabela 8), que promove um maior grau de polimento para uma mesma regulagem do engenho de prova. Por outro lado a cultivar BR IRGA 409 teve menor índice de brancura e polimento.

Segundo Elias (2010), a indústria utiliza estes parâmetros para padronizar e homogeneizar o arroz beneficiado. Considerando que o processo de polimento dos grãos é uma etapa abrasiva, quando se procura a uniformidade dos valores de brançura nos grãos, pode-se interferir diretamente no rendimento de grãos inteiros, revelando a necessidade de ajustes no equipamento de polimento para evitar perdas e diferenças entre valores de rendimento de grãos inteiros.

5.6.5. Parâmetros de cocção

Na Tabela 17 estão apresentados os valores de tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de grãos do colmo principal e dos perfilhos de grãos de cinco genótipos de arroz.

Tabela 17. Tempo de cocção, rendimento volumétrico e gravimétrico dos grãos de arroz provenientes do colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz na safra 2010/2011.

Genótipos	Tempo de cocção		Rendimento volumétrico		Rendimento gravimétrico	
	(min)		(%)		(%)	
	CP ^{1/}	PF ^{2/}	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	13,00 cA	14,00 bA	285,34 bB	333,58 aA	296,51 aA	261,72 bB
AVAXI CL	18,00 aA	18,00 aA	283,57 bB	311,97 aA	287,05 abA	264,76 bA
INOV CL	15,00 bB	16,00 aA	307,76 abA	300,58 aA	269,2 abA	263,64 bA
BRS CIRAD 302	16,00 bA	16,00 aA	294,23 abB	306,91 aA	269,84 abA	271,02 aA
Arize QM 1010	20,00 aA	17,00 aB	313,84 aA	315,38 aA	260,51 bB	260,01 bA

^{1/} Colmo principal; ^{2/} Perfilhos; * Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conforme pode ser observado na Tabela 17, há diferenças significativas no tempo de cocção de grãos oriundos do colmo principal e perfilho nos genótipos INOV CL e Arize QM 1010, sendo que no primeiro o tempo de cocção foi menor no CP e na segunda foi menor no PF. Entre os genótipos o tempo oscilou entre 13,00 e 20,00 minutos, ao analisar o colmo principal AVAXI CL E Arize QM 1010 ficaram com maior tempo, o INOV CL e o BRS CIRAD 302 com mesmo tempo intermediário 15,33 e 16,66 minutos e o BR IRGA 409 com menor tempo. Ao analisar o tempo de

cocção dos grãos entre os perfilhos apenas o genótipo BR IRGA 409 apresentou diferença significativa das demais com menor tempo de cocção.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2011), quando afirmaram que grãos translúcidos possuem estrutura de amido mais resistente ao rompimento, ocasionando maior tempo para a absorção de água.

Entre os genótipos, o BR IRGA 409 e AVAXI CL, tiveram menor rendimento volumétrico e o INOV CL, BRS CIRAD 302 e Arize QM 1010 apresentaram os maiores valores quando se analisa os grãos do colmo principal, porém ao analisar os grãos de perfilho não houve diferença entre os genótipos. Os grãos do CP dos genótipos BR IRGA 409 e AVAXI CL apresentaram menor rendimento volumétrico comparado aos grãos do PF, para os genótipos INOV CL e Arize QM 1010, os rendimentos volumétricos foram iguais entre o CP e os PF e para os grãos do CP do genótipo BRS CIRAD 302 o rendimento volumétrico foi menor comparado aos grãos dos PF.

Para o rendimento gravimétrico dos grãos do CP, apenas o Arize QM 1010 apresentou diferença significativa do BR IRGA 409, pois apresentou menor rendimento gravimétrico (260,51%). Comparando os grãos dos PF, o BRS CIRAD 302 apresentou maior rendimento gravimétrico (Tabela 17).

5.6.6. Propriedades viscoamilográficas

Na Tabela 18 estão apresentados os dados das propriedades viscoamilográficas das farinhas do colmo principal e dos perfilhos de grãos de cinco genótipos de arroz.

Tabela 18. Propriedades de pasta provenientes de grãos moídos do colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.

Genótipos *	TP (°C)		PV (RVU)		QV (RVU)		VF (RVU)		RT (RVU)	
	CP	PF	CP	PF	CP	PF	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	84,68 aA	85,80 aA	176,64 dA	166,66 eB	12,91 dA	7,03 dB	312,00 aA	313,03 aA	148,47 aA	153,39 aA
AVAXI CL	75,85 bB	78,00 bA	243,89 aA	224,06 aB	88,03 aA	71,67 aB	274,08 bA	270,05 bA	118,22 bA	117,67 cA
INOV CL	75,30 bA	75,02 cA	253,42 aA	205,86 cB	95,11 aA	59,22 bB	279,17 bA	278,20 bA	120,86 bB	131,56 bA
BRS CIRAD 302	74,23 bB	75,50 bcA	201,34 cA	189,67 dB	44,42 cA	33,28 cB	293,28 abA	279,50 bB	136,36 abA	122,97 bcA
Arize QM 1010	73,17 bA	74,00 cA	216,78 bA	213,91 bA	61,5 bA	60,19 bA	288,72 abA	281,03 bA	133,45 abA	127,30 bA

* Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **CP: colmo principal; PF: perfilho. Tp: temperatura de pasta; PV: pico de viscosidade; VF: viscosidade final; QV: quebra na viscosidade; RT: retrogradação.

As farinhas do genótipo BR IRGA 409 apresentou maior temperatura de pasta e menor pico de viscosidade e quebra nas viscosidades comparadas aos demais genótipos de arroz, tanto para as farinhas do colmo principal quanto para a farinha dos perfilhos. As farinhas dos genótipos AVAXI CL e BRS CIRAD 302 apresentaram menor pico de viscosidade e retrogradação comparadas a farinha do genótipo do BR IRGA 409 (Tabela 18).

5.7. Rendimentos de extração de amido

Na Figura 12 estão apresentados os rendimentos de extração de amido dos grãos do colmo principal e dos perfilhos de cinco genótipos de arroz.

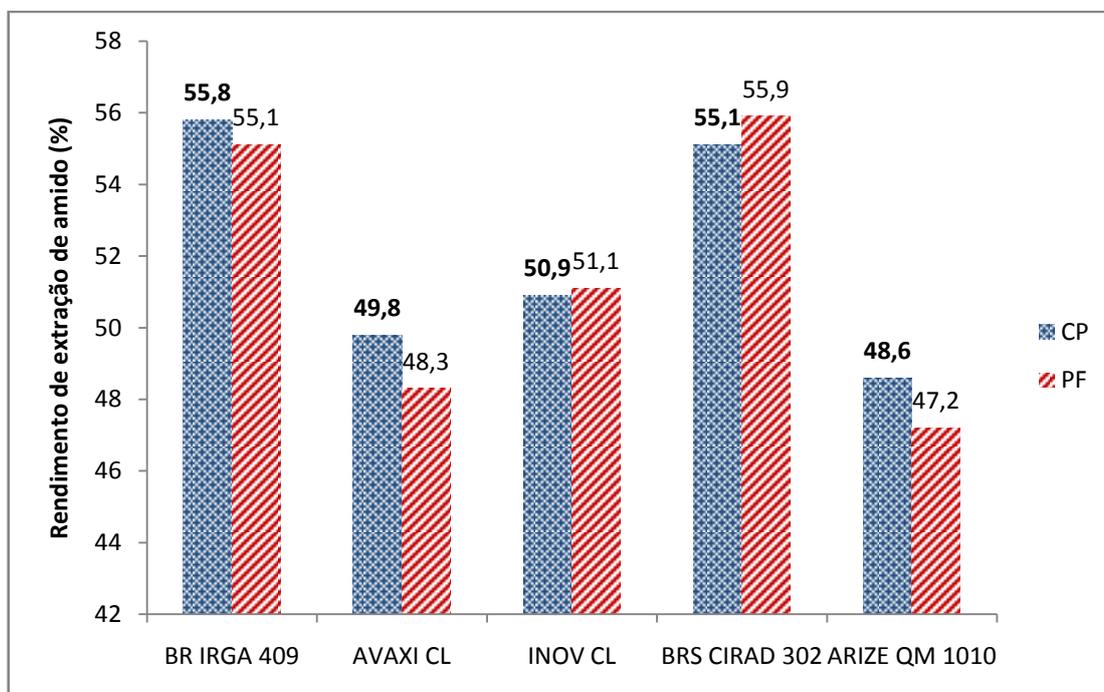


Figura 11. Rendimento de extração de amido do colmo principal (CP) e dos perfilhos (PF) de grãos de cinco genótipos de arroz.

O rendimento de extração de amido dos grãos de arroz do CP e PF, não apresentaram diferenças significativas para todos os genótipos. Entre os genótipos, o BR IRGA 409 e BRS CIRAD 302 apresentaram percentuais de extração de amido acima de 55%, enquanto os demais tiveram rendimentos entre 47,2 a 51,1%. Estes resultados são similares aos valores de rendimento de extração reportados por Zavareze (2009) em estudo utilizando grãos de arroz com alto e médio teor de amilose utilizando o método de extração alcalina. Estes resultados evidenciam a importância da escolha de genótipos adequados para extração de amido quando este for o objetivo da industrialização.

5.8. Teor de amilose

Na Tabela 19 estão apresentados os resultados de teor de amilose dos amidos do colmo principal (CP) e dos perfilhos (PF) de grãos de cinco genótipos de arroz.

Tabela 19. Teor de amilose dos amidos de grãos de arroz polidos provenientes do colmo principal e dos perfilhos de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.

Genótipos	Teor de amilose (%)	
	CP**	PF
BR IRGA 409	30,20 aA*	30,79 aA
AVAXI CL	22,99 cB	24,66 bA
INOV CL	29,94 aB	32,05 aA
BRS CIRAD 302	23,94 cA	18,45 cB
Arize QM 1010	26,96 bA	24,10 bB

* Médias aritméticas (\pm desvio padrão) seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **CP: colmo principal; PF: perfilho.

Os amidos apresentaram valores de teor de amilose que variaram entre 18,45 e 32,05% (Tabela 19). Esses resultados estão de acordo com Techawipharat et al. (2008), segundo os quais, os teores de amilose em amidos de arroz podem variar entre 1-37%.

Os genótipos BRS CIRAD 302 e Arize QM 1010 apresentaram menor teor de amilose nos amidos dos PF comparados aos amidos do CP. Houve diferenças significativas para os teores de amilose tanto entre os genótipos quanto entre o CP e o PF. Há uma possibilidade de que o teor de amilose esteja relacionado com algumas propriedades indesejadas em alguns dos híbridos, no entanto, não foi possível estabelecer esta relação neste estudo. O conteúdo de amilose é considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz, pois é determinante na sua qualidade culinária, considerando que a sua concentração afeta as características do amido (FITZGERALD *et al.*, 2008).

5.9. Poder de inchamento e solubilidade

O poder de inchamento e a solubilidade são parâmetros determinados em temperaturas elevadas, as quais promovem a quebra de pontes de hidrogênio, ocasionando o intumescimento dos grânulos e o aumento da solubilidade do amido.

Na Tabela 20 estão apresentados os dados do poder de inchamento e solubilidade a 90°C dos amidos de arroz provenientes de colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz, bem como entre os genótipos.

Tabela 20. Poder de inchamento e solubilidade a 90°C dos amidos de arroz provenientes de colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.

Genótipos	Poder de inchamento (g/g)		Solubilidade (%)	
	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	6,30 bB	8,52 abA	3,63 aA	3,20 cA
AVAXI CL	8,06 aA	4,99 cB	4,85 abB	8,30 aA
INOV CL	6,16 bB	8,15 bA	4,06 bA	3,99 cA
BRS CIRAD 302	8,06 aA	8,73 abA	4,72 abA	5,37 bcA
Arize QM 1010	8,38 aB	9,22 aA	6,30 aA	6,42 abA

* Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **CP: colmo principal; PF: perfilho.

O poder de inchamento dos amidos oriundos do colmo principal dos genótipos BR IRGA 409 INOV CL e Arize QM 1010 foram menores do que os amidos obtidos dos perfilhos, enquanto que para o genótipo BRS CIRAD 302 não houve diferença, no entanto para o genótipo AVAXI CL ocorreu o oposto. O genótipo AVAXI CL foi o único que apresentou menor solubilidade no CP comparado aos perfilhos. (Tabela 20).

Entre os genótipos, houve diferença significativa quanto ao parâmetro de solubilidade e poder de inchamento, não sendo possível estabelecer um perfil de comportamento. De modo geral os amidos com maiores teores de amilose foram os que apresentaram menor poder de inchamento. De acordo com Tester; Morisson (1990), a amilose atua como um diluente e como um inibidor do inchamento, especialmente na presença de lipídios, os quais podem formar complexos insolúveis

com a amilose durante o intumescimento e gelatinização. Este comportamento também foi observado por Adebowale; Lawal (2002) e por Zavareze et al. (2010).

5.10. Propriedades viscoamilográficas

Na Tabela 21 estão apresentados os dados das propriedades viscoamilográficas dos amidos do colmo principal e dos perfilhos de grãos de cinco genótipos de arroz.

Tabela 21. Propriedades de pasta dos amidos provenientes de colmo principal e perfilho de cinco genótipos de arroz, safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.

Genótipos *	Tp (°C)		PV (RVU)		VF (RVU)		QV (RVU)		RT (RVU)	
	CP**	PF	CP	PF	CP	PF	CP	PF	CP	PF
BR IRGA 409	66,97 dA	68,93 cA	254,53 dA	244,47 dB	296,89 dA	292,78 eA	19,72 dA	23,00 cA	62,08 dB	71,31 cA
AVAXI CL	76,42 aA	74,25 bB	286,89 aA	271,11 abB	338,78 aA	339,89 aA	50,30 aA	41,80 bB	102,19 bB	110,59 aA
INOV CL	75,33 aA	70,33 cB	267,69 bA	263,75 cA	315,06 bcA	317,28cA	38,00 cA	29,36 cA	85,36 cA	82,89 bA
BRS CIRAD 302	69,33 cB	74,67 abA	265,94 bcA	265,28 bcA	310,34 cB	327,50 bA	18,30 dB	40,72 bA	62,67 dB	102,95 aA
Arize QM 1010	73,33 bB	76,67 aA	256,86 cdA	276,50 aB	324,97 bA	300,58 dB	42,61 bB	80,64 aA	110,72 aA	104,72 aA

* Médias aritméticas simples sucedidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e por letras maiúsculas distintas na mesma linha (CP e PF) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **CP: colmo principal; PF: perfilho. Tp: temperatura de pasta; PV: pico de viscosidade; VF: viscosidade final; QV: quebra na viscosidade; RT: retrogradação.

De acordo com a Tabela 21 é possível observar que os amidos obtidos do colmo principal e dos perfilhos apresentaram diferenças nas propriedades viscoamilográficas, também houve diferenças nas propriedades entre os amidos isolados dos cinco diferentes tipos de genótipos de arroz.

A medida que a temperatura da pasta aumenta, os grânulos de amido começam a absorver água e inchar, e a viscosidade começa a aumentar até atingir a viscosidade máxima (pico de viscosidade) (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2008). A temperatura de pasta apresentou variação tanto entre os genótipos quanto entre o colmo principal e os perfilhos do mesmo genótipo. Tanto entre CP quanto PF a cultivar BR IRGA 409 foi a que apresentou a menor temperatura de pasta, o que está de acordo com menor tempo de cozimento. Entre CP e PF de um mesmo genótipo, exceto para o BR IRGA 409, houve diferenças na temperatura de pasta dos amidos, sendo que em AVAXI CL e INOV CL a maior temperatura de pasta foi obtida para o CP enquanto que para os genótipos BRS CIRAD 302 e Arize QM 1010 o comportamento foi o contrário, ou seja, as maiores temperaturas de pasta foram obtidas para os PF.

A viscosidade de pastas de amido, avaliada em viscoamilógrafo parece ser determinada por dois fatores: o grau de inchamento dos grânulos e a resistência desses grânulos à dissolução pelo calor ou a fragmentação pela agitação mecânica (CEREDA, 2003). Segundo o mesmo autor, amidos ricos em amilose apresentam grânulos com inchamento limitado devido à rigidez interna das moléculas lineares fortemente associadas, os grânulos desses amidos não incham o suficiente para formar pastas viscosas quando cozidos em água sob condições normais.

A viscosidade máxima representa o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento. Os amidos dos CP apresentaram menores valores de viscosidade máxima comparado aos amidos do PF, com exceção dos amidos dos genótipos INOV CL e BRS CIRAD 302, em que não houveram diferenças significativas. Os resultados encontrados para os valores de viscosidade máxima foram semelhantes aos encontrados por Zhou *et al.* (2002).

A quebra de viscosidade é função da fragilidade dos grânulos inchados, por ação do calor e agitação mecânica (CEREDA, 2000). Segundo Cereda (2003) quanto maior a quebra maior a retrogradação das pastas. Este fato foi verificado para todos os amidos.

A viscosidade final é medida durante o ciclo de resfriamento e corresponde ao valor observado quando os elementos presentes na pasta começam a se associar ou retrogradar, aumentando a viscosidade.

5.11. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

Na Tabela 22 estão apresentados os dados das propriedades térmicas dos amidos do colmo principal e dos perfilhos de grãos de cinco genótipos de arroz. Na Figura 12 estão apresentadas as curvas de DSC dos amidos do colmo principal e dos perfilhos de grãos de cinco genótipos de arroz.

Tabela 22. Médias dos valores obtidos das propriedades térmicas em amido de grãos de arroz provenientes de colmo principal e perfilho de cinco cultivares, da safra 2010/2011. Pelotas, RS, 2013.

Genótipos	To (°C)*		Tp (°C)		Tc (°C)		Tc-To (°C)		ΔH (J.g ⁻¹)	
	CP	PF	CP	PF	CP	PF	CP	PF		
BR IRGA 409	56,28	59,92	62,48	61,93	69,17	68,83	12,89	13,35	8,51	7,72
AVAXI CL	59,92	62,02	72,96	71,60	80,29	78,66	20,37	16,64	10,53	10,54
INOV CL	64,16	63,30	72,07	71,14	78,79	77,26	14,63	13,96	10,57	7,51
BRS CIRAD 302	57,34	58,68	65,04	64,74	73,43	71,56	16,09	12,88	14,48	8,69
Arize QM 1010	59,36	59,31	70,27	72,66	77,40	79,72	18,04	20,41	11,14	8,82

*To = temperatura de início; Tp = temperatura de pico; Tc = temperatura de conclusão. Tc-To = diferença entre temperatura de conclusão e temperatura de início; ΔH = entalpia.

O parâmetro To representa a temperatura inicial de gelatinização do amido, o amido do genótipo apresentou maior valor comparado aos demais amidos. As diferenças de Tc-To (Tabela 22) sugere que o grau de heterogeneidade dos cristais, dentro dos grânulos dos amidos é diferente. Os amidos dos genótipos AVAXI CL e Arize QM 1010 apresentaram valores maiores de Tc-To comparados aos demais amidos, esse comportamento pode ser visualizado na Figura 12. O amido do genótipo AVAXI CL apresentou o maior valor de entalpia de gelatinização e o amido do genótipo BR IRGA 409 apresentou a menor entalpia de gelatinização (Tabela 22).

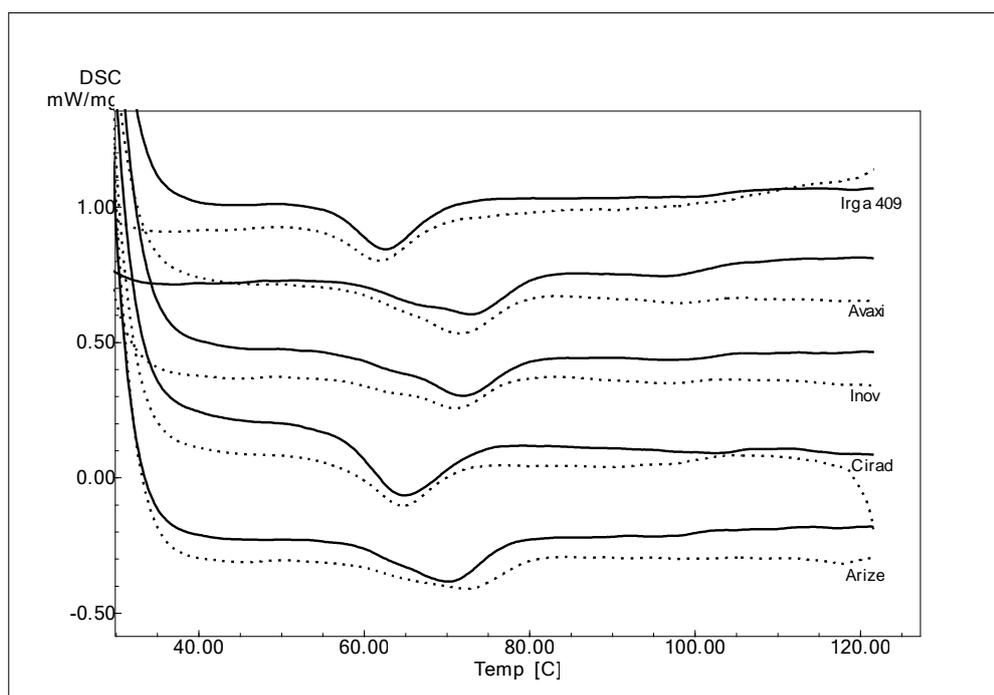


Figura 12. Curvas de DSC dos amidos do colmo principal (linha inteira) e dos perfilhos (linha pontilhada) de grãos de cinco genótipos de arroz.

Os picos apresentados na Figura 12b representam os picos de gelatinização dos diferentes tipos de amidos e a área dos picos representa a quantidade de calor necessária para que ocorra a gelatinização do amido. Os amidos obtidos dos diferentes genótipos apresentaram propriedades térmicas diferenciadas, inclusive entre os amidos obtidos do colmo principal e dos perfilhos (Tabela 22 e Figura 13).

6. CONCLUSÕES

Os genótipos híbridos de arroz apresentam maior número de perfilhos e maior produção por planta do que a cultivar BR IRGA 409.

Os grãos dos perfilhos apresentam maior umidade do que o do colmo principal no momento da colheita, mas não diferem na composição química.

O rendimento de grãos inteiros é maior no colmo principal do que nos perfilhos nos genótipos híbridos e semelhante na cultivar BR IRGA 409.

Os genótipos apresentam poucos grãos com defeitos, entretanto o percentual de gessamento no grão é considerável, sendo maior nos perfilhos do que no colmo principal.

O tempo de cocção dos grãos de arroz difere quanto ao genótipo sendo menor para cultivar BR IRGA 409 e não difere entre os grãos do colmo principal e dos perfilhos, com exceção do Arize QM 1010 que apresenta menor tempo de cocção nos grãos dos perfilhos.

Os genótipos de arroz apresentam diferenças no rendimento de extração de amido entre si, mas não entre o colmo principal e os perfilhos.

Existem diferenças entre as propriedades dos amidos entre os genótipos de arroz, e entre os amidos do colmo principal e dos perfilhos, sendo as propriedades viscoamilográficas, térmicas e poder de inchamento e solubilidade as que mais variam.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed., Washington, DC, 1997.

ADEBOWALE, K. O.; LAWAL, O. S. Effect of annealing and heat moisture conditioning on the physicochemical characteristics of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranea*) starch. **Nahrung Food**, Berlin, v. 46, n. 5, p. 311-316, 2002

ALUKO, G.; MARTINEZ, C.; TOHME, J.; CASTANO, C.; BERGMAN, C.; OARD, J. H. QTL mapping of grain quality traits from the interspecific cross *Oryza sativa* x *O. glaberrima*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 109, p. 630-639, 2004.

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

BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. S.; COBUCCI, R. M. A.. **Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 84).

BHASHYAM, M.K.; SRINIVAS, T.; KHAN, T.A. Evaluation of grains chalkiness in rice. **The Rice Journal**, Washington, 5:13-6, 1985.

BHATTACHARYA, K.R. Breakage of rice during milling, and effect of parboiling. **Central Food Technological Research Institute**, Mysore, Índia, v.46, n.5, p.478-85, 1969.

BOURSIER, B. Applications alimentaires des amidons modifiés. **Industries Alimentaires et Agricoles**, Paris, v. 111, n. 9, p.583-592, 1994.

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

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 399-407, mar. 1999.

CARDOSO, M. B.; PUTAUX, J. L.; SAMIOS, D.; SILVEIRA, N. P. Influence of alkali concentration on the deproteinization and/of gelatinization of rice starch. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 70, n. 2, p. 160-165, 2007.

CARMONA, P. S.; TERRES, A. L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 à 1990: estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **A pesquisa do arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados**. Goiânia, 1994. p. 269-275.

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

CEREDA, M. P. et al. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo, Fundação Cargill, 221 p. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino-americanas, v. 1) 2001.

CEREDA, M. P. Propriedades gerais do amido. Série: **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 1, 2002. 221p.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I. M. Amidos modificados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, v.3. Cap.12, p. 246-332.

CHIOU, H.; MARTIN, M.; FITZGERALD, M. Effect of purification methods on rice starch structure. **Starch/Stärke**, v. 54, n. 9, p. 415-420, 2002.

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Evaluación de la calidad del arroz**. Cali, CIAT, 1980. 22p.

CHANG, T. T.; LI, C.C.; TAGUMPAY, O. Genotypic correlation, heterosis, inbreeding depression and transgressive segregation of agronomic traits in a diallel cross of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taiwan, v. 2, p. 83-93, 1973.

CHAU, N. N.; KUNZE, O. R. Moisture content variation among harvested rice grains. **Transactions of the ASAE**, v.25, n.4, p.1037-1040,1982.

COFFMAN, W. R.; JULIANO, B. O. Rice. In: Olson, R. A.; Frey, K. J. Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement. Madison: **American Society of Agronomy**, cap. 5. p.101-131, 1987.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. L., A Uniform and adaptative system for expressing rice development **Crop Science**, Madison, 40:436-443. 2000.

CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. Rendimento de benefício e de grãos inteiros em função do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro. **Scientia Agricola**, v.56, n.1, p.39-44, 1999.

ELIAS, M.C. Matéria-prima e controle da qualidade na industrialização do arroz. In: I Simpósio sul-Brasileiro de qualidade do arroz. Abrapós, **Anais**, (p.331-351), 2003.

ELIAS, M.C. e LORINI, I. (org.). **Anais**. In: I Simpósio Sul-Brasileiro de Qualidade de Arroz, 2003. Passo Fundo, RS. p. 45-56. 2003. ELIAS, M.C.

ELIAS, M.C.; SCHIAVON, R. A.de.; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos científicos e**

operacionais na industrialização de arroz. Qualidade de Arroz na Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2010. 543p.

ELIASSON, A. C.; GUDMUNDSSON, M. Starch: physicochemical and functional aspects. In: ELIASSON, A. C (Ed.). **Carbohydrates in Food**, 2 ed., CRC Press, 2006. cap. 10, p. 391-469.

FAO – **Food and Agriculture Organization off the United Nations**. Disponível em : [attp://fao.org](http://fao.org). Acesso em março 2011.

FAO – **Food and Agriculture Organization off the United Nations**. Disponível em : [attp://fao.org](http://fao.org). Acesso em julho 2013.

FARONI, L. R. D. *et al.* Determinação do rendimento do arroz (cultivar IR 841) após secagem às temperaturas de 50, 60 e 70°C, para períodos de repouso de 30, 60, 120 e 180 minutos. **Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa**, v. 11/12, n. 1/2, p. 26-31, 1987.

FERNANDES, G. M. M.; AMORIN NETO, S. **Qualidade do arroz em função dos grãos na panícula.** In: 15ª Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, Porto Alegre, 1986, Anais ..., p.353-357, 1986.

FITZGERALD, M. A.; MC COUCH, S. R.; HALL, R. D. Not just a grain of rice: the quest for quality. London: **Trends in Plant Science**, v. 14, p. 133-139, 2008.

FRANCO, C. M. L. *et al.* **Propriedades do Amido.** In: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido. Campinas: Fundação Cargill, 2001. v.1.

FRANCO, Daniel Fernández. **Arranjo espacial de plantas e contribuição do colmo principal e perfilhos na produção e qualidade de grãos do arroz irrigado (Oryza sativa L.).** 2009. (Tese de doutorado em sistema de produção agrícola familiar) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 14/10/2009.

GARCIA, V. *et al.* Structural changes of cassava starch granule after heating at intermediate water contents. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 49, n. 5, p. 171-179, 1997.

GOMES .A. da S.; MAGALHÃES JR. A. M.; **Arroz irrigado no Sul do Brasil**, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899 p.

GOMOSTA A. R. & HAQUE, Md. Z. Contribution of tillers produced different weeks to panicle formation. **International Rice Research Newsletter**, Bangladesh, v.4, n. 4, 1979.

GULARTE, M. A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos.** Pelotas: Ed. Edigraf UFPEL, 2002, 59 p.

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADÜNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido

resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2007.

HOOVER, R. Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and root starches: a Review. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.

HORIGANE, A.K.; ENGELAART, W.M.H.G.; MARUYAMAT, S.; YASHIDA, M.; OKUBO, A.; NAGATA, T. Visualisation of moisture distribution during development of rice caryopses (*Oryza sativa* L.) by nuclear magnetic resonance microimaging. **Journal of Cereal Science**, v.33, p. 105 – 114. 2001.

HOSENEY, R. C. **Princípios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza: ACRIBIA, 1991. 321p.

HOUSTON, D.F. Rice - Chemistry and technology. St. Paul: American **Association of Cereal Chemists**, 1972. p.113-15.

HU, P.; ZHAO, H.; DUAN, Z.; LINLIN, Z.; WU, D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of Rice differing in amylose contents. **Journal Cereal Science**. v.40, p.231-237, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Evolução da produção de arroz no Brasil e no Rio Grande do Sul**, 2012.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. Disponível em : <http://irga.rs.gov.br>. Acesso em junho 2012.

IRRI, What are the traits of physical quality of grain? **International Rice Research Institute**, 2006. Disponível em: http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/Grain_quality.htm Acesso em: 20/jan/2012.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v.76, n.5, p.629-637, 1999.

J.C.ROCHA, **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência eTecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas**, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. R672p,2010.-97f.

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

JULIANO, B. O.; PEREZ, C. M.; KAORSA-ARD, M. Grain quality characteristics of export rices in selected markers. **Cereal Chemistry**, Sain Paul, v. 67, p. 192-197, 1990.

KADLEC, P. Carbohydrates in grain and legume seeds: Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics. **Ed. Hedley C.L.** CABI Publishing, division of CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp.15-59, 2001.

KARLSSON, M. E.; ELIASSON, A. C. Gelatinization and retrogradation of potato (*Solanum tuberosum*) starch in situ as assessed by differential scanning calorimetry (DSC). **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 36, n. 8, p. 735-741, 2003.

KAUR, S.; SINGH, N.; SODHI, N. S.; RANA, J. C.; Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. **Food Chemistry**, v.117, p.282-289, 2009.

KHUSH, G. S. **Aumento do potencial genético de rendimento do arroz: perspectivas e métodos.** In: Anais da CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1995, Goiânia. Arroz na América Latina: **perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**: Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. V.1, p. 13-29. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos,60).

KUNZE, O. R. & NGUYEN, C. N. **Moisture content variation among ripening rice grains.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PHYSICAL PROPERTIES OF AGRICULTURE MATERIALS, 3., Prague, 1985. Prague, s, sd 1985.P. 977-982.

KUNZE, O. R.; PERALTRA, E. K.; TURNER, F. T. **Fissured rice related to grain moisture weather and fertilization rates.** In: INTERNATIONAL WINTER MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS, 1988. 14 P.

LEACH, H. W.; McCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 534-544, 1959.

LI, J.; YUAN, L. Hybrid rice: breeding, and seed production. **Plant Breeding Reviews**, Canada, v. 17, p. 15-158, 2000.

LUMDUBWONG, N.; SEIB, P. A. Rice isolation by alkaline protease digestion of wet-millet rice flour. **Journal of Cereal Science**, London, v. 31, n. 1, p. 63-74, 2000.

MANO, Y. et al. Comparative composition of brown rice lipids (lipid fractions) of indica and japonica rices. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Tokyo, v. 63, n. 4, p. 619-626, Apr. 1999.

Marshall, W. E.; Wadsworth, J. I. **Rice science and technology.** New Orleans, 1993. 470p.

MARTINEZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la Calidad Culinária y Molinera del Arroz: guia de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema.** Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT- Tercera Edición. Cali, Colômbia, 1989. 73p.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (Arracacia**

xanthorrhiza) nativo e modificado por oxidação. 2006. 112p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2006.

MILLER, B. C. et al. Plant population effects on growth and yield in water-seeded rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, n.2, p.291-297, 1991.

MONKS, J.L.F. **Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e bioquímica, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz.** 2010. 115p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MORRISON, W.R. **Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality.** *Cereal Food World*, v. 40, n. 6, p. 437-446, 1995.

NABESHIMA, H. A.; EL-DASH, A. **Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz.** *Boletim do CEPPA*, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

NAVES, M. M. V. Características químicas e nutricionais do arroz. Boletim do CEPPA , v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

NEVES *et al*, 1994 - P. C. F. Neves, E. M. Castro, P. H. N. Rangel, and L. P. Yokoyama - Hybrid rice research in Brazil - in: *Hybrid Rice Technology – New developments and future prospects* – selected papers from the International Rice Research Conference – Edited by S. S. Virmani - IRRI International Rice Research Institute - Los Baños, Laguna, Philippines, 1994
Fonte:<http://books.google.com.br/book>.

PEREIRA, J. A.; RANGEL, P.H.N. Produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado no Piauí. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p. 569-575, maio/jun., 2001.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structure of starch components and their contribution to the architecture of starch granule: a comprehensive review. **Starch/Starke**, n. 62, p. 389-420, 2010.

PESKE, S. T., ROSENTHAL, M. D., ROTA, G. R. M. (2003). **Sementes: Fundamentos Técnicos e tecnológicos**, Ed. Universitária, Pelotas, UFPel. 2003. p.366-413 (2003).

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

PUCHONGKAVARIN, H.; VARAVINIT, S.; BERGTHALLER, W. Comparative study of pilot scale rice starch production by an alkaline and an enzymatic process. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 57, n. 3-4, p. 134 - 144, 2005.

RICETEC, 2007 - RiceTec Sementes Ltda - **RiceTec na América Latina** - 2007 -
Fonte: <http://www.ricetec.com.br/america>.

RICETEC, 2011 - RiceTec Sementes Ltda - **RiceTec na América Latina** - 2011 -
Fonte: <http://www.ricetec.com.br/america>.

ROA, L.H.D. & VALLEJO, J.U.R. **Efecto de la temperatura y tipo de suelo sobre la formación del "centro blanco" en arroz (*Oryza sativa* L.)**. Acta Agronômica, Palmira, nº26, p. 76-87, 1976.

SANTOS, T. P. B., CALIARI, M., EIFERT, E. C., BASSINELLO, P. Z. **Efeito dos grãos gessados nos teores de amilose e propriedades de pasta do arroz**. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/trabalhos-mestrado/mestrado-talita-pereira.pdf>. Acesso em 20/12/2011.

SCHNABLE, P. S.; WISE, R. P. **The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration**. Trends Plant Science, v. 3, p. 175-180, 1998.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físicos-químicos da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. 1996. 106f. Dissertação (1996) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorphism of resistant starch type III, **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.54, p.363-369, 2003.

SHEN, B. **Observation on the starch grain development in endosperm of early indica rice during chalkiness formation with scanning electronic microscope**. Chinese Journal Rice Science, nº14, p.225–228, 2000.

SHIH, F. F. et al. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. **Food/Nahrung**, v. 43, n. 1, p. 14-18, jan. 1999.

SINGH, R.J.; IKEHASHI, H. Monogenic male-sterility in rice: **induction, identification and inheritance**. Crop Science, Madison, v.21, n.2, p.286-289, Mar./Apr. 1981.

SMIDERLE, O. J.; DIAS, C. T. S. Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado (*Oryza sativa* L. cv. BRS Roraima). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 3, p. 188-194, 2008.

SODHI, N.S.; SINGH, N. **Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India**. Food Chemistry, v. 80, n. 1, p. 99-108, 2003.

SOFIATTI, V.; SCHUCH, L. O. B.; PINTO, J. F.; CARGNIN, A.; LEITZKE, L. N.; HOLBIG, L. S. Efeitos de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 418-423, 2006.

SOSBAI –Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil** /Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Pelotas: SOSBAI, 2007.154 p. Acessado em (2011).

SOSBAI – Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (29: 2012: Gravatal, SC) R444a **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil** /Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012.179p., il.

SPADARO, J.J.; MATTHEUS, J.; WADSWORTH, J.I. Milling. In: LUH, B.S. *Rice: production and utilization*. **Connecticut**: AVI Publishing, 1980. p.360-402.

SRINIVAS, T. & BHASHYAM, M.K. 1985. **Effect of variety and environment on milling quality of rice**. In: *Rice grain quality and marketing*, p. 51 59. Manila, IRRI.(1985).

STATSOFT Inc. Statistica for Windows. Versão 6.0. Tulsa, OK, 2004.

TAIRA, H.; ITANI, T. Lipid content and fatty acid composition of brown rice of cultivars of the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 36, n. 3, p. 460- 462, May. 1988.

TANG, S. X.; JIANG, Y. Z.; LI, S. S.; YU, H. Y.; ZHANG, Y. K. **Observation on the amyloplasts in endosperm of early indica rice with scanning electron microscope**. *Acta Agronomica Sinica*, n°25, p. 269–271, 1999.

TASHIRO, T.; EBATA, M. **Studies on white belly rice kernel: III. Effect of ripening condition on occurrence of white belly kernel**. *Journal of Crop Science*, n.44, p.86-92, 1975.

TAVARES, A. C. K.; RAIMANN, S.I.; CARDOSO, M.B.; MACHADO,J.G.; CONRAD, V. J. D.; DIAS, A. R. G.; SHIRMER, M. A. **Sinerese e Viscoamilografia na Análise do Teor de Amilose em Arroz**. In: *Simposio Sul-brasileiro de Qualidade de Arroz*. Anais... 2003, Pelotas, RS. P. 301-313.

TECHAWIPHARAT, J.; SUPHANTHARIKA, M.; BEMILLER, J.N. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on the pasting, paste, and gel properties of rice starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, n. 3, p. 417-426, 2008.

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 6, p. 551-557, 1990.

TESTER, R.F. et al. Starch - composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v.39, p.151-165, 2004.

THOMAS, D. S.; ATWELL, W. A. **Starch Structure**. In: *Critical Guides for de Minnesota*, pp: 25-30. 1999.

TSAI, M. L.; LI, C. F.; LII, C. Y.; Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. **Cereal Chemistry**, v.74, n.6, p.750-757, 1997.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, **Food Group:12 Nut and Seed Products** (Publication. Retrieved 15th November, 2011, from USDA.

VALERIO, M. G. B. Melhoramento genético na Estação experimental do Arroz/IRGA: **Avaliação da qualidade culinária**. In:Anais... XXI Reunião da cultura do arroz irrigado. Porto Alegre Alegre 20-22 / 09 / 1995. p:61-63.

VELUPILLAI, L.; PANDEY, J.P. The impact of fissured rice on mill yields. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.67, n.2, p.118-24, 1990.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 23, p. 969-1005.

VIRMANI, S. S. Hybrid rice. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 57, p.377-462, 1996.

WADSWORTH, J.I.; MATTHEUS, J. Milling yields and moisture distribution in rough rice. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.4, p.1346-52, jul./aug. 1985.

WADSWORTH, J.I.; MATTHEUS, J.; SPADARO, J.J. Milling performance and quality characteristics of Starbonnet variety rice fractionated by rough rice kernel thickness. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.59, n.1, p.50-4, 1982.

WALTER, M; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2007.

WANG, L.; WANG, Y. J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 291 - 296, 2004.

WANG, Z.; LI, W. F.; GU, Y. J.; CHEN, G.; SHI, H. Y.; GAO, Y. Z. Development of rice endosperm and the pathway of nutrients entering the endosperm. **Acta Agronomica Sinica**, n.21, p.520-527, 1995.

YOSHIDA, S. Fundamentals of Rice crop science. **Los Baños**, In.rice,Inst.,1981.269p.

YUAN, L.P.; YANG, Z.Y.; YANG J.B. Hybrid rice research in China. In: VIRMANI, S.S (Ed.). Hybrid **Rice technology: new developments and future prospects**. Manila. International Rice Research Institute, 1994. p. 143-148.

ZAVAREZE, E. R. **Extração e tratamentos hidrotérmicos de amido de arroz**. 2009. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ZAVAREZE, E. R.; STORCK, C. R.; CASTRO, L. A. S.; SCHIRMER, M. A.; DIAS, A. R. G. Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. **Food Chemistry**, v.121, p.358-365, 2010.

ZHONG, F.; LI, Y.; IBANZ, A.M.; OH, M.H.; MCKENZIE, K.S.; SHOEMAKER, C. The effect of rice variety and starch isolation method on the pasting and rheological properties of rice starch pastes. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 2, p. 406-414, 2009.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; BLANCHARD, C. Ageing of Stored Rice: **Changes in Chemical and Physical Attributes**. *Journal of Cereal Science*, v. 35, p. 65/78, 2002.