

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

TALITA PEREIRA BAÊTA SANTOS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS GRÃOS
GESSADOS E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DO
ARROZ**

Goiânia
2012

TALITA PEREIRA BAÊTA SANTOS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS GRÃOS
GESSADOS E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DO
ARROZ**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliarí

Co-orientador: Dr. Eduardo da Costa Eifert

Goiânia
2012

TALITA PEREIRA BAÊTA SANTOS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS GRÃOS
GESSADOS E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DO
ARROZ**

Dissertação defendida e aprovada em 06 de julho de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof^ª. Dra. Raquel de Andrade Cardoso Santiago
Membro da Banca

Prof^ª Dra. Rosângela Vera
Membro da Banca

Prof^º. Dr. Márcio Caliari
Orientador

Dr. Eduardo da Costa Eifert
Co-orientador

DEDICATÓRIA

Ao meu irmão Eduardo,
Pessoa mais especial que já conheci.

“Só eu sei a importância
Só eu sei a força que tem
Tudo que você me disse
Eu guardei muito bem...
Mas eu sinto a sua ausência real
E por mais que eu me esforce
Eu não consigo achar natural
Que só possa ver você em fotos...”

Bruno Gouveia

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho com boas oportunidades, me dar serenidade e equilíbrio nos momentos mais difíceis e forças para continuar.

À minha mãe, Vanderlúcia, por sempre fazer o possível e o impossível para me ajudar, pela grande contribuição na separação das amostras, pelo amor e todo apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, Alberto, meu maior incentivador para realização do mestrado, pelas valiosas sugestões e contribuições para finalização desse trabalho, pelo amor e todo apoio em todos os momentos da minha vida.

À minha família e amigos, pelo apoio e compreensão com os meus momentos ausentes durante a realização desse trabalho.

Ao Prof^o Dr. Márcio Caliarí, por aceitar prontamente meu pedido de orientação, pela preciosa e inestimável orientação, por toda disponibilidade, atenção e paciência, sugestões e correções que foram fundamentais para a realização e finalização desse trabalho, e que muito enriqueceram essa pesquisa.

Ao Dr. Eduardo da Costa Eifert, por ter aceitado minha participação nesse projeto, pela co-orientação e contribuições fundamentais para essa pesquisa.

À Embrapa Arroz e Feijão por toda a disponibilidade dos laboratórios, fundamentais para a realização desse trabalho.

À todos os funcionários do Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, MSc. Rosângela, MSc. Selma, Mauro, Edmar, Suely e Renilda, por toda disponibilidade e auxílio na realização das análises, pela amizade e apoio.

Ao Prof^o Dr. Eduardo Aschieri e ao Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal de Goiás, pela disponibilidade para a realização da análise de carboidratos e por toda contribuição.

Ao Prof^o Dr. Adolfo Franco Júnior e ao Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LAMMAR) do Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás, pela disponibilidade para a realização da análise de Microscopia Eletrônica de Varredura.

Ao Laboratório de Análises Físico-químicas do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) da Vila Canaã, pela disponibilidade para a realização da análise de Textura instrumental.

À empresa Cristal Alimentos pela doação das amostras de arroz.

Às Prof^{as} Dra. Raquel Santiago e Prof^a Dra. Rosângela Vera, membros da banca examinadora, pela disponibilidade de participação na defesa, pelas correções que contribuem para o aperfeiçoamento dessa pesquisa.

Ao meu amigo Frederico Inácio Tonhá Guimarães pelo auxílio fundamental nas análises de Perfil de Textura, pelo companheirismo e atenção que sempre teve comigo.

A todos os meus amigos e colegas de mestrado, pelos momentos tão bons durante o curso, por todas as sugestões e alegre convívio durante o curso.

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de estudar no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

À Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás pela base de ensinamentos contribuindo para nossa formação acadêmica.

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

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho e me apoiaram.

EPÍGRAFE

“Quando amamos e acreditamos do fundo de nossa alma em algo, nos sentimos mais fortes que o mundo e somos tomados de uma serenidade, que vem da certeza de que nada poderá vencer nossa fé. Este sentimento faz com que sempre tomemos a decisão certa, na hora exata e, quando atingimos o nosso objetivo, ficamos surpresos com nossa própria capacidade.”

Paulo Coelho

RESUMO

O grão gessado apresenta coloração totalmente opaca semelhante ao gesso, devido aos arranjos não compactos entre grânulos de amido e proteína, formando espaços de ar entre si, que difratam e difundem a luz, tornando o aspecto visual do grão opaco. Neste trabalho objetivou-se avaliar as características físicas, químicas e sensoriais em grãos de arroz translúcidos e gessados e seus efeitos nas características de qualidade do arroz. Elaborou-se manualmente tratamentos com acréscimo de cinco proporções de grãos de gessados (2, 4, 6, 8 e 10%) em substituição aos grãos translúcidos, da cultivar Puitá INTA CL, em delineamento inteiramente casualizado. Realizou-se análises de composição química, teor de amilose, perfil viscoamilográfico, teste de cocção, análise de textura instrumental e das características físicas dos grãos translúcidos, gessados e das substituições, além da análise de microscopia eletrônica de varredura nos grãos. Os gessados apresentaram estrutura granular desordenada e grânulos esféricos, diferenciando-se dos translúcidos, de formato poliédrico e grânulos compactos. Grãos translúcidos e gessados não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) quanto à composição química, com exceção do teor de umidade, inferior nos gessados. Os teores de umidade e cinzas foram influenciados com o acréscimo de gessados. Porém, teores de proteínas, lipídeos, carboidratos e valor energético não sofreram influência desses grãos. Grãos translúcidos e gessados apresentam teores de amilose semelhantes, que não foram influenciados pelo aumento de gessados. Valores de pico de viscosidade, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação dos gessados são inferiores, indicando uma textura menos firme após cocção e menor sinérese. Os grãos translúcidos e gessados não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) nos atributos sensoriais obtidos no teste de cocção. Os grãos translúcidos apresentaram valores de dureza e gomosidade superiores, devido à sua maior retrogradação. O arroz foi influenciado pelo acréscimo de gessados quanto à dureza, adesividade e gomosidade. Os gessados possuem menor transparência e maior brancura, que confirma o seu aspecto visual opaco característico. Os grãos gessados apresentam diferenças nas características físicas e químicas, porém não diferem nas características sensoriais do arroz. Dessa forma, é necessária a reavaliação dos limites permitidos de grãos gessados para comercialização do arroz.

Palavras-chave: puitá INTA CL, gessamento, grânulos de amido, cocção, viscosidade, textura.

ABSTRACT

The chalky rice has a completely opaque coloring due to non-compact arrangement between starch granules and protein, forming air gaps between them, which diffract and diffuse light, making opaque visual appearance of the grain. This work aimed to evaluate the physical, chemical and sensory translucent rice grains and chalky and evaluate their effects on quality characteristics of rice. Produced by manually adding the treatments with seven ratios of chalky rice grains (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 100%) in place of translucent rice grains of cultivar Puitá INTA CL, in a completely randomized. We conducted analyzes of chemical composition, amylose, Pasting properties, cooking test, Texture properties analysis and physical characteristics analysis (whiteness, transparency and degree of polish) for translucent grains, chalky and substitutions of translucent grains per chalky. And also, analysis of Scanning Electron Microscopy in chalky and translucent grains. The chalky showed disordered granular structure, and larger spherical granules, differing from the translucent, polyhedral shape and compact granules. The chalky and translucent grains showed no significant differences ($p > 0.05$) on composition, except for the moisture content was lower in chalky. The moisture and ash were influenced by the addition of chalky grains in rice. However, the levels of proteins, lipids, carbohydrates and energy value were not influenced by chalky. The chalky and translucent grains have similar levels of amylose, and the substitutions of translucent grains per chalky did not influence the levels of amylose. The chalky grains showed values of peak viscosity, breakdown, Final viscosity and setback lowers, indicating a less firm texture following cooking and less syneresis. Even the 10% level of chalky rice did not significantly influence the values of breakdown. The chalky and translucent grains showed no significant differences ($p < 0.05$) in sensory attributes obtained in the cooking test, which were not influenced by the addition of chalky in rice. The translucent grains presented higher values of hardness and gumminess due to their higher retrogradation. The rice was influenced by the addition of chalky on the hardness, adhesiveness and gumminess. The chalky grains have less transparency and greater whiteness, confirming the visual characteristic of the opaque grain. The chalky grains have different physical and chemical characteristics, but did not differ in the sensory characteristics of rice. Thus, it is necessary reassessment of the limits allowed for commercialization of chalky grains of rice.

Key words: Puitá INTA CL, chalkiness, starch granules, cooking, viscosity, texture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Amostra de arroz da cultivar Puitá INTA CL polida e com casca.....	22
Figura 2.	Aparência e micrografias de grãos de arroz expostos à condições de temperaturas de 20-26 °C e 27-31 °C.....	32
Figura 3.	Seções transversais do desenvolvimento de cariospes de arroz sob condições de temperaturas de 20-26 °C (A - C) e 27-31 °C (D - F).....	33
Figura 4.	Estrutura da amilopectina.....	40
Figura 5.	Representação esquemática da organização molecular da amilopectina (modelo <i>cluster</i>) no grânulo de amido.....	41
Figura 6.	Protocolo experimental da pesquisa.....	44
Figura 7.	Tratamentos elaborados com grãos de arroz translúcidos e gessados da cultivar Puitá INTA CL nas porcentagens de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 100% de grãos gessados.	45
Figura 8.	Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol , modelo JSM-6610.....	47
Figura 9.	Suporte Porta-amostras (<i>stub</i>) com as seções transversais dos grãos gessado e translúcido aderidos à fita de carbono.....	47
Figura 10.	Sistema para deposição de filmes de ouro (metalizador), Denton Vacuum, Desk V.....	48
Figura 11.	Curva padrão do teor de carboidratos.....	49
Figura 12.	Equipamento por injeção de fluxo, FIAstar 5000 , da marca FOSS utilizado para a determinação do teor de amilose.....	50
Figura 13.	Rapid Visco Analyser (RVA) da Newport Scientific, indicando tempo de análise (s), temperatura (°C), velocidade (rpm) e viscosidade (cP).....	51
Figura 14.	Pasta de arroz logo após a análise do perfil viscoamilográfico no RVA.	52
Figura 15.	Curva de viscosidade típica do RVA, mostrando os principais parâmetros avaliados durante o empastamento em RVU.....	52
Figura 16.	Teste de cocção de amostras de arroz em panelas elétricas Mondial, modelo Bianca <i>Rice 4</i>	53
Figura 17.	Amostra de arroz logo após cocção sendo colocada no copo medidor para ser vertida para a bandeja.....	54
Figura 18.	Monitoramento da temperatura da amostra com termômetro digital.....	54
Figura 19.	Probe de aço inoxidável cilíndrica de 20 mm de diâmetro (P/20) utilizada para perfuração das amostras na análise de textura.....	56
Figura 20.	Medidor de brancura, transparência e grau de polimento do arroz.....	56
Figura 21.	Micrografias dos grãos de arroz translúcidos (a), (c) e (e) e gessados (b), (d) e (f) em microscópio eletrônico de varredura visualizadas em aumento de 55x, 200x e 500x, respectivamente.....	57
Figura 22.	Micrografias dos grãos de arroz translúcidos (a), (c) e (e) e gessados (b), (d) e (f) em microscópio eletrônico de varredura visualizadas em aumento de 1000x, 3000x e 6000x, respectivamente.....	59
Figura 23.	Curva padrão do teor de carboidratos.....	61

Figura 24.	Teor de umidade (%) do arroz em função das substituições dos grãos de arroz translúcidos por gessados.	65
Figura 25.	Teor de cinzas (%) do arroz em função das substituições dos grãos de arroz translúcidos por grãos gessados.....	67
Figura 26.	Curva padrão do teor de amilose aparente.....	69
Figura 27.	Curvas viscoamilográficas dos grãos de arroz translúcidos (a) e gessados (b).....	74
Figura 28.	Pico de viscosidade (cP) dos tratamentos em função da porcentagem de grãos gessados na análise viscoamilográfica do arroz.	83
Figura 29.	Curvas de perfil viscoamilográfico das amostras de grãos de arroz translúcidos, gessados e dos tratamentos com 2, 4, 6, 8 e 10% de substituições de grãos translúcidos por gessados.....	84
Figura 30.	Viscosidade final (cP) da pasta em função da porcentagem de grãos gessados no arroz.....	86
Figura 31.	Tendência à Retrogradação (cP) do arroz em função da porcentagem de grãos gessados.....	87
Figura 32.	Valores de Tempo de Pico (min) do arroz em função da porcentagem de grãos gessados	89
Figura 33.	Gráficos de Força (g) x Tempo (s) do Perfil de Textura de grãos de arroz translúcidos (a) e gessados (b).	97
Figura 34.	Gráficos de Força (g) x Tempo (s) do Perfil de Textura das substituições de grãos de arroz translúcidos por gessados: 2% de gessados (a), 4% de gessados (b) e 6% de gessados.....	104
Figura 35.	Gráficos de Força (g) x Tempo (s) do Perfil de Textura das substituições de grãos de arroz translúcidos por gessados: 8% de gessados (a) e 10% de gessados (b).....	105
Figura 36.	Valores de Dureza em função da porcentagem de grãos gessados na análise do Perfil de Textura do arroz.	107
Figura 37.	Valores de Adesividade em função da porcentagem de grãos gessados na análise do Perfil de Textura do arroz.....	108
Figura 38.	Gomosidade do arroz em função das porcentagens de grãos gessados na análise do Perfil de Textura do arroz.....	109
Figura 39.	Transparência dos grãos em função da porcentagem de gessados no arroz.....	114
Figura 40.	Brancura dos grãos em função da porcentagem de gessados no arroz..	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição química do arroz e seus subprodutos.	20
Tabela 2.	Classificação do arroz beneficiado polido (limites máximos de tolerância de defeitos, expressos em % / peso).	27
Tabela 3.	Classificação do arroz beneficiado polido segundo os limites máximos de tolerância, expressos em % / peso.....	27
Tabela 4.	Porcentagens de grãos de arroz translúcidos (%) e grãos de arroz gessados (%) em cada tratamento elaborado pela substituição de 0 a 100% de grãos translúcidos por gessados.....	46
Tabela 5.	Classificação do teor de amilose em arroz.....	51
Tabela 6.	Classificação do arroz cozido segundo sua pegajosidade e textura.....	55
Tabela 7.	Composição química (em base seca) e valor energético dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	62
Tabela 8.	Composição química (em base seca) e valor energético dos tratamentos, com respectivos modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), em função das porcentagens de grãos de arroz gessados.....	65
Tabela 9.	Teor de amilose dos grãos de arroz translúcidos e gessados	70
Tabela 10.	Médias e desvios-padrão do teor de amilose (%) dos tratamentos em função do acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos.....	72
Tabela 11.	Pico de viscosidade, Quebra de viscosidade, Viscosidade Final, Tendência à retrogradação, Tempo de pico e Temperatura de pasta dos grãos de arroz translúcidos e gessados	73
Tabela 12.	Perfil viscoamilográfico dos tratamentos, modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), em função das porcentagens de grãos de arroz gessados.....	82
Tabela 13.	Classificação dos atributos de textura e pegajosidade, tempo de cozimento (min) e rendimento de cocção (%), obtidos no teste de cocção dos grãos de arroz translúcidos e gessados	90
Tabela 14.	Atributos de textura, pegajosidade, tempo de cozimento (min) e rendimento de cocção (%) em função da porcentagem de grãos de arroz gessados.....	95
Tabela 15.	Análise de textura instrumental dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	98
Tabela 16.	Análise de textura instrumental dos grãos de arroz, modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2)	106
Tabela 17.	Transparência, brancura e grau de polimento dos grãos de arroz translúcidos e gessados	111
Tabela 18.	Transparência, brancura e grau de polimento dos tratamentos, modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), em função das porcentagens de grãos de arroz gessados.....	113

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A1.	Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de umidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	128
Apêndice A2.	Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de cinzas dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	129
Apêndice A3.	Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de proteínas dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	130
Apêndice A4.	Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de proteínas dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	131
Apêndice A5.	Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de carboidratos dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	132
Apêndice A6.	Modelo de regressão e análise de variância do valor energético dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	133
Apêndice B.	Modelo de regressão e análise de variância do teor de amilose dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	134
Apêndice C1.	Modelo de regressão e análise de variância do pico de viscosidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	135
Apêndice C2.	Modelo de regressão e análise de variância da quebra de viscosidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	136
Apêndice C3.	Modelo de regressão e análise de variância da viscosidade final dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	137
Apêndice C4.	Modelo de regressão e análise de variância da tendência à retrogradação dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	138
Apêndice C5.	Modelo de regressão e análise de variância do tempo de pico dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	139
Apêndice C6.	Modelo de regressão e análise de variância da temperatura de pasta dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	140
Apêndice D1.	Modelo de regressão e análise de variância da textura dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	141
Apêndice D2.	Modelo de regressão e análise de variância do tempo de cocção dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	142

Apêndice E1.	Modelo de regressão e análise de variância da dureza dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	143
Apêndice E2.	Modelo de regressão e análise de variância da adesividade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	144
Apêndice E3.	Modelo de regressão e análise de variância da elasticidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	145
Apêndice E4.	Modelo de regressão e análise de variância da mastigabilidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	146
Apêndice E5.	Modelo de regressão e análise de variância da gomosidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	147
Apêndice E6.	Modelo de regressão e análise de variância da coesividade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	148
Apêndice F1.	Modelo de regressão e análise de variância da transparência dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	149
Apêndice F2.	Modelo de regressão e análise de variância da brancura dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	150
Apêndice F3.	Modelo de regressão e análise de variância do grau de polimento dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.....	151

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	ASPECTOS GERAIS DO ARROZ.....	17
2.2	CULTIVAR PUITÁ INTA CL.....	21
2.3	QUALIDADE DE GRÃOS EM ARROZ.....	23
2.4	PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO ARROZ.....	26
2.5	CARACTERÍSTICAS DOS GRÃOS GESSADOS DE ARROZ.....	28
2.5.1	Grãos gessados de arroz.....	28
2.5.2	Causas do gessamento no grão de arroz.....	30
2.5.3	Características sensoriais dos grãos gessados.....	33
2.6	ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DOS GRÂNULOS DE AMIDO.....	36
2.6.1	Amilose.....	39
2.6.2	Amilopectina.....	39
3	OBJETIVOS.....	42
3.1	OBJETIVO GERAL.....	42
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.1	MATERIAL.....	43
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	43
4.3	MÉTODOS.....	46
4.3.1	Microscopia Eletrônica de Varredura.....	46
4.3.2	Composição Química.....	48
4.3.2.1	Curva padrão para determinação dos carboidratos.....	49
4.3.3	Teor de amilose.....	49
4.3.4	Análise viscoamilográfica.....	51
4.3.5	Teste de cocção.....	53
4.3.6	Análise de textura instrumental da pasta de arroz.....	55
4.3.7	Características físicas.....	57
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	58
5.1.1	Micrografias dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	58
5.2	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR ENERGÉTICO.....	62
5.2.1	Curva padrão para determinação dos carboidratos.....	62
5.2.2	Composição química e valor energético dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	64
5.2.3	Composição química e valor energético do arroz com porcentagens de grãos gessados.....	63
5.3	TEOR DE AMILOSE.....	69

5.3.1	Teor de amilose dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	70
5.3.2	Teor de amilose do arroz com porcentagens de grãos gessados.....	71
5.4	PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO.....	73
5.4.1	Perfil viscoamilográfico dos grãos translúcidos e gessados.....	73
5.4.1.1	Pico de viscosidade.....	75
5.4.1.2	Quebra de viscosidade (<i>Breakdown</i>).....	76
5.4.1.3	Viscosidade final.....	77
5.4.1.4	Tendência à retrogradação (<i>Setback</i>).....	78
5.4.1.5	Tempo de Pico (min).....	80
5.4.1.6	Temperatura de Pasta (°C).....	81
5.4.2	Perfil viscoamilográfico do arroz com porcentagens de grãos gessados	81
5.4.2.1	Pico de Viscosidade.....	83
5.4.2.2	Quebra de viscosidade (<i>Breakdown</i>).....	85
5.4.2.3	Viscosidade Final.....	85
5.4.2.4	Tendência à Retrogradação (<i>Setback</i>).....	86
5.4.2.5	Tempo de Pico (min).....	88
5.4.2.6	Temperatura de Pasta (°C).....	89
5.5	TESTE DE COCÇÃO.....	89
5.5.1	Teste de cocção de grãos de arroz translúcidos e gessados.....	90
5.5.1.1	Textura.....	91
5.5.1.2	Pegajosidade.....	92
5.5.1.3	Tempo de cocção.....	92
5.5.1.4	Rendimento de cocção.....	94
5.5.2	Teste de cocção do arroz com porcentagens de grãos gessados.....	94
5.6	ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA.....	96
5.6.1	Análise de Textura Instrumental dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	96
5.6.1.1	Dureza.....	98
5.6.1.2	Adesividade.....	100
5.6.1.3	Elasticidade.....	101
5.6.1.4	Mastigabilidade.....	101
5.6.1.5	Gomosidade.....	102
5.6.1.6	Coesividade.....	103
5.6.2	Textura Instrumental do arroz com porcentagens de grãos gessados...	103
5.7	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS GRÃOS.....	110
5.7.1	Características físicas dos grãos de arroz translúcidos e gessados.....	110
5.7.2	Características físicas do arroz com porcentagens grãos gessados.....	113
6	CONCLUSÕES.....	116
	REFERÊNCIAS.....	118
	APÊNDICES.....	128
	ANEXO A.....	152

1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos mais antigos produzidos pelo homem. São conhecidas cerca de vinte espécies do gênero *Oryza*, mas quase todo o arroz cultivado no mundo é da espécie *Oryza sativa* L., que é considerada polifilética, resultante do cruzamento de formas espontâneas variadas (LIMBERGER et al., 2008).

Nutricionalmente o arroz é boa fonte de energia pela alta concentração de amido, além de fornecer também proteínas, vitaminas e minerais, e possuir baixo teor de lipídeos. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, que resulta em grãos com características nutricionais diferenciadas (NAVES; BASSINELLO, 2006).

Os carboidratos são os principais constituintes do arroz. Além do amido, que corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, também estão presentes açúcares livres e fibra. Enquanto o endosperma é composto principalmente por amido, o farelo e o gérmen apresentam principalmente fibra, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). O grão de arroz contém duas frações de amido – amilose e amilopectina. O teor de amilose é o maior determinante da capacidade de aglutinação dos grãos, sendo assim considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz (VIEIRA; RABELO, 2006).

O preço do grão de arroz pago ao agricultor depende fundamentalmente da qualidade, verificada após o beneficiamento, sendo o percentual de grãos inteiros uma das características mais importantes para determinar o valor de comercialização (CASTRO et al., 1999). Além do percentual de inteiros, outro aspecto importante relacionado com a qualidade do grão de arroz é referente à sua translucidez (SOFIATTI et al., 2006).

Em muitos grãos, a translucidez é interrompida por áreas opacas no endosperma denominadas centro branco, barriga branca ou gesso, as quais depreciam o valor do produto no mercado (SMIDERLE; DIAS, 2008). De acordo com a Instrução Normativa Nº 6, de 16 de fevereiro de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a opacidade dos grãos é denominada gessamento e são considerados gessados os grãos com 100% do endosperma opaco (BRASIL, 2009). No entanto, mesmo os grãos com pequenas áreas gessadas depreciam o valor comercial do produto.

Segundo Kim et al. (2000), a aparência dos grãos é uma característica importante para a comercialização. Grãos translúcidos são os mais procurados pela indústria arroseira e pelos

consumidores. Estes os preferem pela aparência, enquanto que no processo de industrialização de arroz, os grãos gessados podem causar maior percentual de grãos quebrados, desvalorizando o produto na comercialização.

O gessamento é uma opacidade que se verifica nos grãos devido ao arranjo de forma não compacta entre os grânulos de amido e proteína nas células (ISHIMARU et al., 2009). A opacidade dos grãos gessados pode ser explicada pela presença desses espaços de ar. Nos grãos gessados os espaços de ar difratam e difundem a luz, tornando o aspecto visual do grão opaco. Nos grãos translúcidos, que são compactos e sem espaços de ar, a luz incidida atravessa o grão sem ser difratada, resultando em uma visualização vítrea do grão (KIM et al., 2000).

Entre as possíveis causas da formação dessas áreas opacas estariam as de origem genética (PATINDOL; WANG, 2003), condições ambientais adversas, má formação dos grãos pela incidência de doenças e grande quantidade de grãos imaturos, ou alto grau de umidade e ataque de insetos sugadores antes da colheita (VIEIRA; RABELO, 2006). Porém, ainda existem poucas pesquisas relacionadas com os efeitos dos grãos gessados na qualidade nutricional e culinária do arroz (QI-HUA et al., 2009).

Com a alteração da forma de Classificação do arroz em Tipos pelo MAPA, a presença de grãos gessados passou a ter maior impacto na comercialização do arroz, com a redução do limite máximo de tolerância de gessados e verdes de 15% para 10% (m/m) para o arroz classificado como Tipo 5.

A porcentagem de grãos gessados é utilizada para classificação do arroz para comercialização. No entanto, ainda não existem pesquisas que avaliaram os efeitos dessas porcentagens de grãos gessados nas características físico-químicas e sensoriais do arroz cozido. Dessa forma, se faz necessário o estudo dos efeitos das porcentagens de grãos gessados nas características de qualidade do arroz.

Caso os grãos gessados apresentem efeitos positivos, ou nenhum efeito prejudicial à qualidade sensorial do arroz cozido, os limites de grãos gessados permitidos para comercialização do arroz poderiam ser reavaliados (KIM et al., 2000).

Com isso, propõe-se avaliar as características físicas, químicas e sensoriais em grãos de arroz translúcidos e gessados, assim como das substituições de grãos translúcidos por gessados até o nível de 10% (m/m), valor máximo estabelecido pelo MAPA, e investigar os efeitos dos grãos gessados nas características de qualidade do arroz.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GERAIS DO ARROZ

O arroz, uma das principais culturas alimentares do mundo, é considerado o cereal mais importante e alimentação básica de aproximadamente a metade da população, provendo mais de 21% das necessidades energéticas diárias e até 76% do consumo calórico da população do Sudeste da Ásia, constituindo-se em alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2008).

A base da alimentação humana é constituída principalmente por cereais e leguminosas, importantes fontes de nutrientes tradicionalmente consumidos pela população brasileira (SILVA; DEL PELOSO, 2006). O principal componente do arroz é o amido de baixo índice glicêmico, que fornece ao organismo energia por longos períodos (CHENG et al., 2005).

Devido ao seu longo histórico de cultivo e seleção em diversos ambientes, a espécie adquiriu uma ampla faixa de adaptabilidade e tolerância, podendo ser cultivada em vários regimes de água e solos. Os portugueses, provavelmente, introduziram esse cereal na África Ocidental, e os espanhóis, os responsáveis pela sua disseminação nas Américas (VIEIRA, 2007).

Botanicamente, o arroz, fruto das gramíneas, família *Poaceae*, é um fruto-semente conhecido como cariopse ou grão, cujo tegumento que envolve a semente encontra-se diretamente ligado ao pericarpo, membrana que envolve o fruto. Toda essa estrutura encontra-se envolvida pelas glumas, pálea e lema, que constituem a casca, e são removidas durante o beneficiamento do produto para consumo (VIEIRA; RABELO, 2006).

Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social. Em muitos países em desenvolvimento, o arroz é considerado o produto de maior importância econômica. Essa cultura apresenta maior potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate a fome no mundo (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006).

A produção de arroz no Brasil, na safra 2011/2012, foi de 11,631 milhões de toneladas (CONAB, 2012). O Brasil é o principal produtor fora do continente asiático com 1,86% da produção mundial, e o Rio Grande do Sul foi responsável por aproximadamente 70% desta produção na safra 2011 (CONAB, 2011).

O consumo brasileiro de arroz é de aproximadamente 53 quilogramas por habitante por ano (kg/hab/ano), valor considerado alto se comparado com o consumo dos países desenvolvidos, que é de 17 kg/hab/ano (FAO, 2004).

Nutricionalmente o arroz é uma excelente fonte de energia devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, e possuindo baixo teor de lipídios (NAVES, 2007; WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008). Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido (NAVES; BASSINELLO, 2006). Durante o processo de beneficiamento com a remoção dessas camadas há uma redução acentuada de gordura, minerais e fibras (VIEIRA, 2007).

A casca corresponde a cerca de 20% da massa do grão, tendo como função proteger a cariopse contra o ataque de insetos e fungos. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas denominadas de pericarpo, tegumento e camada de aleurona, que representam juntas 5% a 8% da massa do arroz integral. A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de aleurona, que são corpos protéicos, e os corpos lipídicos. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2 a 3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão, 89 a 94% do arroz integral, e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos protéicos (STORCK, 2004).

A concentração de proteína é aproximadamente 7% (base úmida) no grão de arroz, com pequenas diferenças entre arroz polido e arroz integral. A proteína do arroz é constituída por diferentes frações protéicas – albumina, globulina, prolamina e glutelina. A glutelina corresponde de 70 a 80% da proteína total presente no grão e contém 16,8% de nitrogênio. Em geral, o grão possui uma composição em proteínas (aminoácidos essenciais) mais adequada em termos nutricionais que a de outros cereais, e importante para atender as necessidades dos indivíduos (STORCK, 2004).

Segundo Vieira (2007), as proteínas do arroz têm a maior digestibilidade entre os cereais, provavelmente devido, em parte, ao menor conteúdo de fibras e taninos deste grão.

O arroz constitui uma excelente fonte de energia devido ao tipo de carboidrato presente (complexo) e à elevada concentração do amido no grão (NABESHIMA; EL-DASH, 2004). Uma das principais características relacionadas à resposta metabólica ao arroz

consumido é a menor taxa glicêmica e insulinêmica, que auxiliam na manutenção dos níveis regulares de glicose no sangue (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

A quase totalidade dos carboidratos presentes no arroz é representada pelo amido contido quase exclusivamente no endosperma do grão. O amido do arroz é constituído de duas frações – amilose e amilopectina. O teor de amilose é o maior determinante da capacidade de aglutinação dos grãos, sendo assim considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz (VIEIRA; RABELO, 2006).

Os lipídios estão presentes em baixas concentrações nos grãos de cereais em relação aos demais macronutrientes. A composição e o conteúdo lipídico do arroz podem variar de acordo com os tipos de arroz e com os procedimentos de extração e purificação. Dessa forma, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o polimento, geralmente observando-se concentrações inferiores a 1% no arroz polido. O grão integral pode conter até 3%, visto que cerca de 80% do lipídio do grão se encontra em suas camadas periféricas, incluindo o germe, que dão origem ao farelo no processo de beneficiamento do grão. O farelo de arroz, por sua vez, contém quantidades significativas de lipídios, cerca de 20% (NAVES, 2007).

Os principais ácidos graxos no arroz são os ácidos palmítico (16:0), oléico (18:1) e linoléico (18:2), correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais. Portanto, o arroz contém proporção significativa de ácidos graxos insaturados, que possuem papel importante em vários processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

Em tabelas de composição de alimentos disponíveis no Brasil são descritos valores de 1,3% e 4,6% em termos de fibra alimentar total para arroz polido e arroz integral, respectivamente. A maioria das fibras do grão é perdida no processo de polimento. Contudo, a quantidade de fibra alimentar restante no arroz polido pode ser considerável para um consumo diário recomendável de pelo menos 20g de fibra (NAVES; BASSINELLO, 2006).

As vitaminas do arroz estão mais concentradas nas camadas periféricas do grão, incluindo o germe, havendo assim diferenças consideráveis nos teores entre o arroz integral e o polido. O arroz integral perfaz aproximadamente 50% das recomendações de tiamina e 40% das de niacina, e o arroz polido, 11% e 14%, respectivamente. Os teores de vitaminas hidrossolúveis variam muito em função das condições de cultivo e de preparo do arroz para consumo. Contudo, as diferenças varietais são as mais relevantes (STORCK, 2004).

Quanto aos minerais, merecem destaque o ferro e o zinco, considerando-se o papel relevante deles na nutrição e saúde de indivíduos e populações. O ferro e o zinco estão presentes no grão em quantidades similares entre si e bem menores no grão polido. Os teores de ferro no arroz integral variam entre 0,7 e 6,35 mg/100 g e o conteúdo de zinco em 0,79 a 5,89 mg/100 g, sendo esses valores em base seca (NAVES, 2007).

Embora o arroz integral tenha maior concentração de minerais do que o polido, isso não significa necessariamente maior quantidade de minerais absorvidos pelo organismo, visto que a biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de maiores teores de fibra e ácido fítico no arroz integral (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008). A composição centesimal do arroz e seus subprodutos está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal do arroz e seus subprodutos.

Composição centesimal	Integral (g/100 g)	Polido (g/100 g)	Farelo (g/100 g)	Casca (g/100 g)	Farinha (g/100 g)
Umidade	12,2	13,2	14,0	14,0	11,6
Proteínas	7,3	7,2	13,1	2,4	6,9
Lipídios	1,9	0,3	17,4	0,6	1,1
Cinzas	1,2	0,5	8,2	17,5	0,7
Fibra Alimentar	4,8	1,6	26,5	28,0	0,5
Carboidratos	77,4	78,8	47,3	65,5	79,7
Energia (kcal)	360	358	437	298	354

Fonte: Vieira (2007).

Pesquisadores relatam efeitos benéficos à saúde, como auxílio no controle da glicose sanguínea, redução dos lipídios séricos e da pressão arterial, entre outros, auxiliando na prevenção e no controle de doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares, devido aos diversos componentes do arroz presentes no farelo do arroz integral e no endosperma do arroz integral e polido (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

O desenvolvimento de novos produtos à base de arroz vem assumindo particular importância devido a algumas propriedades do seu amido, que além de emprestar o sabor possui propriedades modificadoras da textura no processamento (TONELLI, 1995). Cada vez mais, o arroz se destaca não somente como um dos principais alimentos para a população, mas também como um alimento de qualidade, que pode auxiliar na manutenção da saúde, devendo ser incentivada a produção desse cereal e a continuidade das pesquisas.

Com o objetivo de facilitar e regulamentar o sistema de comercialização do arroz, bem como de proteger o consumidor, o Ministério da Agricultura estabeleceu Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (BRASIL, 1988).

Esses padrões proporcionam um sistema de comercialização por classes e tipos e levam em consideração os fatores de qualidade associados à limpeza, uniformidade, condições sanitárias e pureza do produto (VIEIRA; RABELO, 2006).

2.2 CULTIVAR PUITÁ INTA CL

A área cultivada com arroz irrigado no Brasil atinge aproximadamente 1,3 milhões de hectares, com uma produtividade média de 5200 kg/ha, perfazendo uma produção anual de 6,7 milhões de toneladas de arroz em casca (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006).

No entanto, diversos fatores, como manejo inapropriado da cultura, uso de sementes não certificadas e, principalmente, controle insatisfatório de plantas daninhas, ainda limitam o incremento do rendimento de grãos. Desses fatores, a elevada incidência de arroz-vermelho destaca-se como fator mais limitante ao potencial produtivo do arroz na maioria das regiões do mundo e no Brasil. O controle de arroz-vermelho por meio de herbicidas seletivos é dificultado pelo fato de o arroz cultivado e o arroz-vermelho pertencerem à mesma espécie. Cultivares de arroz resistentes aos herbicidas imidazolinonas têm proporcionado a utilização destes para o controle do arroz-vermelho, que é um dos principais problemas da cultura do arroz irrigado (ROSO; MEROTTO; DELATORRE, 2010).

A Puitá INTA CL, cultivar de arroz irrigado derivada da IRGA 417 por mutagênese, é recomendada exclusivamente para o sistema de produção CLEARFIELD®, que tem como principal objetivo o controle de arroz-vermelho. Possui maior tolerância aos herbicidas *Only* e *Kifix*, sendo considerada de segunda geração. Destaca-se pela excelente qualidade e alto rendimento industrial de grãos inteiros (AMARAL, 2008).

A cultivar Puitá INTA CL tem como características morfológicas porte baixo, folhas médias, eretas e pilosas, panículas protegidas pela folha bandeira e casca de coloração amarelo-palha. A planta apresenta estatura média de 86 cm e ciclo médio de 125 dias, com grãos pertencentes à classe do tipo longo fino de aparência vítrea (Figura 3) e rendimento de grãos inteiros de aproximadamente 64%. São classificados como longo-finos os grãos descascados e polidos cujo comprimento mínimo é de 6 mm, espessura máxima de 1,90 mm e relação comprimento/largura mínima de 2,75 (PEREIRA; RANGEL, 2001).

A BASF, uma das principais empresas de defensivos agrícolas do País, obteve o registro da cultivar de arroz Puitá INTA CL no MAPA. A fim de garantir a sustentabilidade e a longevidade da Tecnologia Clearfield®, a empresa em parceria com o Instituto Nacional de

Tecnologia Agropecuária (INTA) sediada na Argentina, iniciou no Brasil em 2005 testes a campo com a variedade Puitá INTA CL, que culminou com a obtenção do registro em julho de 2008. Na Argentina a semente já é comercializada e registrada nos órgãos competentes (AMARAL, 2008; ROSO; VIDAL, 2011).



Figura 1. Amostra de arroz da cultivar Puitá INTA CL polida e com casca.

Fonte: AMARAL (2008).

O sistema de produção CLEARFIELD® baseia-se na resistência genética a alguns herbicidas do grupo químico das Imidazolinonas. Esta característica foi obtida, inicialmente, por mutação induzida e transferida para cultivares convencionais e híbridos pelo melhoramento genético convencional (DORNELLES et. al, 2010). Todas as cultivares recomendadas para esse sistema são identificadas com o sufixo “CL”. Atualmente, as cultivares recomendadas para uso neste sistema são: IRGA 422 CL, SCS 115 CL, Puitá INTA CL, Sator CL, Avaxi CL, Apsa CL e Inov CL. Esta tecnologia constitui em uma das principais alternativas para o controle de arroz-vermelho. A primeira cultivar lançada dentro desse programa foi a IRGA 422CL, em 2002. Posteriormente, alguns híbridos foram lançados no mercado nacional pela *RiceTec*, além das cultivares SCS 115 CL, disponibilizada pela Epagri em 2007, Puitá INTA CL, pela BASF em 2008 e BRS Sinuelo CL, pela Embrapa Clima Temperado em 2010 (ROSO; VIDAL, 2011).

2.3 QUALIDADE DE GRÃOS EM ARROZ

No Brasil, o arroz é um dos principais alimentos consumidos pela população, constituindo-se como uma das mais importantes fontes de energia (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

Os aspectos ligados à qualidade de grãos de arroz são mais amplos e complexos que aqueles considerados em outros cereais. O arroz, no Brasil, é consumido principalmente na forma de grãos inteiros, descascados e polidos, ao contrário de outros cereais que são transformados em outros produtos antes do consumo. Por esse fato, características de qualidade de grãos ditam valor de mercado e têm um papel fundamental na adoção de novas variedades (CASTRO et al., 1999; VIEIRA; RABELO, 2006).

As características de qualidade englobam aparência visual, características de cocção, propriedades sensoriais e valor nutricional. Propriedades físicas incluem o rendimento de grãos, forma uniforme, brancura e, na maioria dos países, translucidez. Essas características são imediatamente óbvias para os consumidores, e assim, são os principais fatores que definem o valor de mercado. Características de cocção e sensoriais tipicamente incluem tempo de cocção, propriedades texturais do arroz cozido; aroma e sua retenção após cozimento e a capacidade de permanecer macio durante várias horas após o cozimento (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2008).

As características determinantes da qualidade de grão em arroz refletem-se diretamente no valor de mercado e na aceitação do produto pelo consumidor (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004). Essas características de qualidade variam entre os países e até mesmo entre regiões em um mesmo país. Consumidores do Japão, por exemplo, preferem o arroz de grãos curtos e que se tornam mais pegajosos após cozimento. No Brasil, sobretudo nos grandes centros urbanos, a preferência tem sido pelo arroz de grãos longos e finos (popularmente conhecido como agulhinha), que se avoluma na panela e permanece solto e macio depois do cozimento (PEREIRA; RANGEL, 2001).

A qualidade do arroz para comercialização pode ser vista com base em atributos visuais e sensoriais como o formato e tamanho dos grãos; o rendimento de grãos inteiros; a aparência do endosperma; e o comportamento do arroz durante a cocção, que é extremamente dependente de sua composição química (VIEIRA; RABELO, 2006).

Portanto, aspecto de qualidade de grão, conferido por características como grãos longos e finos, alta porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento, translucidez do endosperma, teor de amilose intermediário a alto e temperatura de gelatinização intermediária

a baixa, tende a assumir cada vez mais relevância nos programas de melhoramento genético do arroz, podendo variar em função da cultivar, ambiente e processos de pós-colheita (PEREIRA; RANGEL, 2001). Fatores genéticos e ambientais são os principais responsáveis pela variação na composição e na qualidade do arroz (SINGH et al., 2003).

O amido, componente predominante na composição do grão, é um polissacarídeo composto de duas estruturas moleculares: amilose (cadeias lineares) e amilopectina (cadeias ramificadas), sendo a amilose determinante da qualidade culinária do arroz. A amilose pode variar de 1 a 37% no grão de arroz. As cultivares classificam-se de acordo com o teor de amilose, sendo de baixo teor (8 a 22%), intermediário (23 a 27%) e alto teor (acima de 28%) de amilose (MARTINÉZ; CUEVAS, 1989).

A amilose é o fator mais importante na qualidade sensorial do arroz. Outros fatores que afetam a textura do arroz cozido são consistência de gel e temperatura de gelatinização, que se dão em função da estrutura de amilopectina (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2008).

A amilose e a amilopectina influenciam profundamente as propriedades físico-químicas do amido, e por consequência, a qualidade de cocção e sensorial (textura) do arroz cozido (RAMESH; ZAKI UDDIN; BHATTACHARYA, 1999).

As propriedades de textura estão intimamente relacionadas à deformação, desintegração e ao fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força, que são objetivamente medidas pelas funções: tempo, força, massa e distância (SZCZESNIAK, 2002).

Tem-se observado grande interesse no desenvolvimento e emprego de testes mecânicos que simulem a avaliação sensorial de textura, merecendo destaque o Perfil de Textura Instrumental (TPA), que vem sendo aplicado com eficiência para uma gama de alimentos. O Perfil de Textura produz informações objetivas da natureza da força do gel que o método sensorial não informa (LOBATO; BENASSI; GROSSMANN, 2012).

A expansão do volume, a absorção da água e a resistência à desintegração do arroz beneficiado durante o cozimento, estão diretamente relacionadas com a proporção de amilose/amilopectina do amido que, no caso dos cereais, normalmente é de 1:3 (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

O tempo de cozimento do arroz é determinado pela temperatura em que as estruturas cristalinas começam a fundir. Isto é chamado de temperatura de gelatinização (TG). Em arroz, a TG varia de 55-85 °C, sendo que o arroz com alta TG requer mais tempo para cozinhar (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2008).

As cultivares com baixo teor de amilose apresentam grãos mais pegajosos após cozimento; com alto teor de amilose apresentam grãos mais secos e duros; com teor intermediário, (a preferência dos consumidores no Brasil) possuem grãos soltos, porém macios (PEREIRA; RANGEL, 2001).

Outra característica importante na cocção é a temperatura de gelatinização, que determina o tempo necessário para o cozimento do grão. Ela é medida pela temperatura na qual 90% dos grânulos de amido são gelatinizados ou inchados irreversivelmente na água. É a temperatura na qual os grãos começam a absorção de água durante o processo de cocção iniciando seu amolecimento. Cultivares com alta temperatura de gelatinização requerem mais água e tempo para cozinhar, sendo desejadas cultivares de temperatura de gelatinização intermediária a baixa (BRENNAN; KURI; TUDORICA, 2004).

As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e a retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, que têm sido medidas, principalmente, pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido. Essa é uma característica importante para a qualidade tecnológica do arroz, medida por equipamentos como o *Rapid Visco Analyser* (RVA), que simula o processo de cocção e monitora as mudanças de uma pasta de arroz, durante o teste (FITZGERALD et al., 2000; FRANCO et al., 2001).

Os indicativos de qualidade sensorial e de cocção do arroz envolvem, além do conteúdo de amilose e consistência em gel, valores característicos do perfil do RVA. Este último pode refletir qualidade sensorial e de cocção de forma mais abrangente e com maior precisão (QI-HUA et al., 2009). A análise de RVA é uma ferramenta importante no estudo da viscosidade de produtos fonte de amido. No caso específico de grãos de arroz, essa análise gera informações importantes a cerca das propriedades de cocção, relacionando-se com aspectos de textura e coesividade (FITZGERALD et al., 2003).

No RVA, 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 lixiviados dos grânulos. Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando a maioria dos grânulos estão totalmente inchados. Durante a fase de temperatura constante (95 °C) os grânulos começam a se romper e a solubilização dos polímeros continua. Neste ponto ocorre uma quebra na viscosidade (*Breakdown*). Durante a fase de resfriamento, polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar e outro aumento na viscosidade

é registrado, conhecido como Tendência à retrogradação ou *Setback* (MATSUGUMA et al., 2009).

2.4 PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO ARROZ

Conforme a Instrução Normativa nº 6, de 16 e fevereiro de 2009, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) aprovou o Regulamento Técnico do arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz (BRASIL, 2009).

De acordo com a forma de apresentação do produto a ser comercializado, o arroz pode ser classificado em dois grandes grupos, arroz em casca e arroz beneficiado. O grupo de arroz em casca pode ser enquadrado em dois subgrupos: arroz em casca natural ou parboilizado; para o arroz beneficiado são previstos quatro subgrupos: arroz beneficiado integral, polido, parboilizado ou parboilizado integral (VIEIRA; RABELO, 2006). O arroz é consumido, no Brasil, principalmente na forma de grãos inteiros, passando apenas por um processo de beneficiamento para perder a casca, seguido de polimento (LIMBERGER et al., 2008).

As principais etapas do beneficiamento do arroz são o descascamento, do qual se extrai cerca de 20% de casca, seguida pelas etapas de brunimento e polimento, onde é retirado, parcial ou totalmente, o embrião e a maior parte do pericarpo que recobre o grão. Dessa etapa, resulta o farelo que representa aproximadamente 8% da massa do produto em casca. Em seguida, procede-se a etapa de separação das frações de grãos quebrados, ao redor de 14%, e inteiros, 58%. Para finalizar realiza-se a separação das frações dos grãos quebrados em grandes, médios e quirera (PAIVA, 2008).

Para o enquadramento em classe são consideradas cinco categorias, com base nas dimensões dos grãos inteiros após o descasque e polimento. As quatro primeiras classes referem-se aos produtos longo-fino, longo, médio e curto (BRASIL, 2009). Adicionalmente, é considerada uma quinta classe, designada como arroz misturado e destinada ao enquadramento do produto que não se pertença a nenhuma das demais classes e apresente-se constituído pela mistura de duas ou mais delas.

Segundo Vieira e Rabelo (2006), além da classe, todo o arroz destinado à comercialização deve ser enquadrado em tipos, que são expressos numericamente e definidos de acordo com o percentual de ocorrência de defeitos e com o percentual de grãos quebrados e quirera. Os grãos com defeitos são separados por selecionadoras pneumáticas com células

fotoelétricas. Essas células, colocadas sobre canaletas condutoras do arroz polido, acionam um sistema de fluxo alternativo ao detectar grãos com coloração diferente do padrão de cor dos grãos sem defeitos, desviando-os para compartimentos próprios. Finalmente, antes do empacotamento, é feita a “liga”, ou seja, a composição do tipo que a indústria pretende comercializar no mercado, de acordo com sua marca. Essa mistura é feita nas proporções desejadas, em observância aos limites estipulados pelo MAPA (CASTRO et al., 1999).

Durante a vigência da Portaria Nº 269 de 17 de novembro de 1988, os defeitos eram classificados como graves ou gerais de acordo com a sua importância e consequências no produto de consumo. Os defeitos gerais enquadravam à presença de grãos manchados e picados, amarelos, rajados e gessados, e os defeitos graves incluíam os grãos mofados, ardidos, matérias estranhas e impurezas (Tabela 2) (BRASIL, 1988).

Tabela 2. Classificação do arroz beneficiado polido (limites máximos de tolerância de defeitos, expressos em % / peso).

Tipo	Defeitos Graves		Defeitos agregados *	Total de Quebrados e quirera	Quirera (Máximo)
	Matérias estranhas e impurezas	Mofados e ardidos			
1	0,25	0,25	4,00	10,00	0,50
2	0,50	0,50	8,00	20,00	1,00
3	1,00	1,00	14,00	30,00	2,00
4	1,50	2,00	22,00	40,00	3,00
5	2,00	4,00	34,00	50,00	4,00

* Os limites máximos de tolerância admitidos para cada defeito geral, considerado isoladamente, para efeito de enquadramento em tipo são: manchados e picados 12%; amarelos 12%; rajados 10%; e, gessados 15%, acima destes limites, o produto será considerado como abaixo do padrão.

Fonte: Portaria Nº 269, de 17 de novembro de 1988 (BRASIL, 1988).

Com a revogação desta Portaria pela Instrução Normativa Nº 6, de 16 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009), a classificação do arroz em Tipos passou a ser dada de acordo com os limites máximos de tolerância específicos para cada defeito, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Classificação do arroz beneficiado polido segundo os limites máximos de tolerância, expressos em % / peso.

Tipo	Matérias Estranhas e Impurezas	Mofados e Ardidos	Picados ou Manchados	Gessados e Verdes	Rajados	Amarelos	Total de Quebrados e Quirera	Quirera (máximo)
1	0,10	0,15	1,75	2,00	1,00	0,50	7,50	0,50
2	0,20	0,30	3,00	4,00	1,50	1,00	15,00	1,00
3	0,30	0,50	4,50	6,00	2,00	2,00	25,00	2,00
4	0,40	1,00	6,00	8,00	3,00	3,00	35,00	3,00
5	0,50	1,50	8,00	10,00	4,00	5,00	45,00	4,00

Fonte: Instrução Normativa Nº 6, de 16 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009).

Com a alteração da forma de classificação do arroz em Tipos, a presença de grãos gessados passou a ter maior impacto na comercialização do arroz, com a redução do limite máximo de tolerância de gessados e verdes de 15% para 10% (m/m) para o arroz classificado como Tipo 5.

2.5 CARACTERÍSTICAS DOS GRÃOS GESSADOS DE ARROZ

A aparência do arroz é um dos principais fatores que determinam seu valor comercial, que é amplamente definida em termos de tamanho do grão, forma, translucidez e uniformidade do grão (SMIDERLE; DIAS, 2008). A aparência do endosperma do arroz é uma característica importante para o consumidor, o que torna igualmente importante para o produtor e para a indústria de beneficiamento e empacotamento do produto. Consumidores do arroz de diversos tipos de mercado dão preferência para arroz com endosperma translúcido, sem áreas opacas, livre de manchas e imperfeições, que podem ser causadas por ataque de insetos ou por doenças (QI-HUA et al., 2009). A maioria dos mercados de arroz, essencialmente, preferem grãos uniformes e translúcidos (PATINDOL; WANG, 2003).

2.5.1 Grãos gessados de arroz

Gesso é uma área opaca, que pode ocorrer no centro do grão e ocupar mais de 50% da área total (LISLE; MARTIN; FITZGERALD, 2000). Grãos gessados são categorizados em centro branco, branco leitoso e barriga branca, dependendo da presença do gesso no grão. O centro branco no grão apresenta o gessamento no centro do endosperma, enquanto que o branco leitoso tem uma parte de gessamento mais ampla em comparação com o centro branco, sendo que ambos estão presentes na parte interna do endosperma. Grão do tipo barriga branca apresenta gessamento na parte periférica do endosperma (ISHIMARU et al., 2009). Lembrando que, sua ocorrência não deve ser confundida com os grãos de cultivares glutinosas ou cerosas, que se apresentam tipicamente opacos (CASTRO et al., 1999).

Essas variações no desenvolvimento da parte gessada no grão estão relacionadas com uma diferença no padrão de acumulação de amido. O amido é geralmente acumulado em torno do centro do endosperma nos estágios iniciais e na periferia, na fase tardia de desenvolvimento do grão. Embora, os mecanismos fisiológicos para a formação de cada tipo de gessamento ainda não tenham sido bem compreendidos (ISHIMARU et al., 2009).

O arroz gessado deve ser considerado para mercados específicos, pois é ideal para elaboração de produtos especiais, principalmente japoneses (Zhou et al. 2009). Segundo Kim et al. (2000), os grãos gessados tendem a apresentar maior pegajosidade, que é uma característica desejável para os mercados japonês e coreano.

Grãos gessados são indesejáveis porque reduzem a aparência global, além de resultarem em menor rendimento no beneficiamento, pelo fato de serem grãos mais frágeis, que tendem a ser mais propensos à quebra durante o processo de beneficiamento. O gesso reduz a resistência do grão às forças aplicadas durante o processo de polimento, predispondo à uma quebra durante o polimento (VIEIRA; RABELO, 2006).

Conforme a Instrução Normativa Nº 6, de 16 de fevereiro de 2009, o grão gessado pode ser definido como grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso. No arroz das variedades especiais destinadas à culinária nacional e internacional, o grão gessado não é considerado defeito (BRASIL, 2009).

A opacidade do grão é causada pelo arranjo dos grânulos de amido e proteína nas células. Zonas opacas ou gessadas são áreas onde o arranjo se dá de forma não compacta, formando espaços de ar entre si, devido ao acondicionamento mais frouxo das partículas de amido e proteína (MARCHEZAN; DARIO; TORRES, 1992; YOSHIOKA et al., 2007; ZHOU et al., 2009). Essa opacidade dos grãos é denominada gessamento e são considerados gessados os grãos com 100% do endosperma opaco (BRASIL, 2009).

Nos grãos gessados os espaços de ar difratam e difundem a luz, tornando o aspecto visual do grão opaco. Nos grãos translúcidos, que são compactos e sem espaços de ar, a luz incidida atravessa o grão sem ser difratada, resultando em uma visualização vítrea do grão (KIM et al., 2000).

Por meio da análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em estudos realizados observou-se que endospermas gessados são preenchidos de forma não compacta por acondicionamento frouxo, grânulos de amido grandes e esféricos, enquanto que, os endospermas translúcidos são compactos, poliédricos e pequenos (QI-HUA et al., 2009; ZHOU et al., 2009). Segundo Jennings; Coffman; Kauffman (1979), as propriedades físico-químicas, morfológicas, de cocção e textura dos grãos gessados diferem significativamente das propriedades dos grãos translúcidos, principalmente, por essa estrutura desordenada e presença de espaços de ar nos grãos.

A avaliação de gessamento nos grãos é tradicionalmente realizada por inspeção visual, e não há nenhum método padrão para efetivamente classificar os grãos gessados em diferentes

categorias, exceto para o cálculo da área das partes gessadas dos grãos. A localização e o grau de gessamento diferem entre as cultivares, entre plantas da mesma cultivar, e até mesmo entre grãos de mesma panícula dificultando a utilização de um método padrão (YOSHIOKA et al., 2007).

2.5.2 Causas do gessamento no grão de arroz

Entre as possíveis causas da formação dessas áreas opacas estariam as de origem genética (PATINDOL; WANG, 2003), condições ambientais adversas, má formação dos grãos pela incidência de doenças, grande quantidade de grãos imaturos, alto grau de umidade e ataque de insetos sugadores (percevejos-do-grão) antes da colheita (VIEIRA; RABELO, 2006). Lembrando que, sua ocorrência não deve ser confundida com os grãos de cultivares glutinosas ou cerosas, que se apresentam tipicamente opacos (CASTRO et al., 1999).

Para as causas fisiológicas do gessamento existem hipóteses de ser um fornecimento insuficiente de nutrientes para o desenvolvimento de endosperma, redução da capacidade de sintetizar amido no endosperma e a degradação do amido por α -amilase durante o amadurecimento do grão (QI-HUA et al., 2009; YAMAKAWA et al., 2007).

Colher na época certa é de fundamental importância para se obter 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 (SMIDERLE; DIAS, 2008). A colheita antecipada, com umidade elevada, aumenta a proporção de grãos mal formados e gessados. O arroz colhido tardiamente, com umidade muito baixa, afeta a produtividade ocorrendo o trincamento dos grãos e a redução do rendimento de grãos inteiros no beneficiamento (SINGH et al., 2003).

Conforme Castro et al. (1999), a colheita de grãos com teor de umidade média acima de 26% contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, o que constitui uma das principais causas de aparecimento de grãos gessados. Em umidades elevadas 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.

Em geral a época de colheita ideal é de 30 a 40 dias após a floração plena, quando a maioria dos grãos atinge um grau de umidade entre 18 a 25%, para as cultivares em cultivo irrigado (BINOTTI et al., 2007).

As condições adversas do ambiente no período de amadurecimento dos grãos resultam no desenvolvimento de grãos fissurados, imaturos, manchados e gessados, sendo a temperatura considerada o fator mais importante (QI-HUA et al., 2009). Altas temperaturas

noturnas durante a fase de maturação do arroz podem influenciar na translucidez do endosperma (ISHIMARU et al., 2009). Os mais baixos índices de centro branco têm sido obtidos com temperaturas diurnas entre 25-30 °C e noturnas de 15-20 °C (JULIANO, 1985).

Conforme Ishimaru et al. (2009), grãos gessados são frequentemente encontrados quando a temperatura média durante o período de amadurecimento está acima de 26-27 °C. Essa condição climática vem ocorrendo com mais frequência recentemente, do que temperaturas já registradas no passado, possivelmente, devido ao aquecimento global. Como o aquecimento global irá continuar, em consequência do efeito estufa, o gessamento do grão de arroz causado por estresse de alta temperatura vai se tornar um problema global para a agricultura no futuro.

Estudos vêm mostrando que altas temperaturas durante específicos estágios do desenvolvimento do grão tendem a aumentar a ocorrência de gessados nos grãos de arroz. Outro efeito das altas temperaturas durante o desenvolvimento do grão é o decréscimo do conteúdo de amilose. O efeito subsequente do baixo conteúdo de amilose na qualidade de cocção do arroz pode ser confundido com o efeito do gesso sobre essa qualidade (LISLE; MARTIN; FITZGERALD, 2000).

Ishimaru et al. (2009), em pesquisas com plantas de arroz em câmaras com temperaturas controladas de 20-26 °C e 27-31 °C, identificaram bastante variação quanto à aparência dos grãos nas duas condições de temperaturas (Figura 1). Cerca de 80% dos grãos com algum tipo de gessamento no endosperma situavam-se nas plantas submetidas à temperaturas de 27-31 °C. Por meio da Microscopia Eletrônica de Varredura os autores detectaram espaços de ar entre os grânulos de amido dos grãos submetidos à altas temperaturas (Figura 1 - G e H).

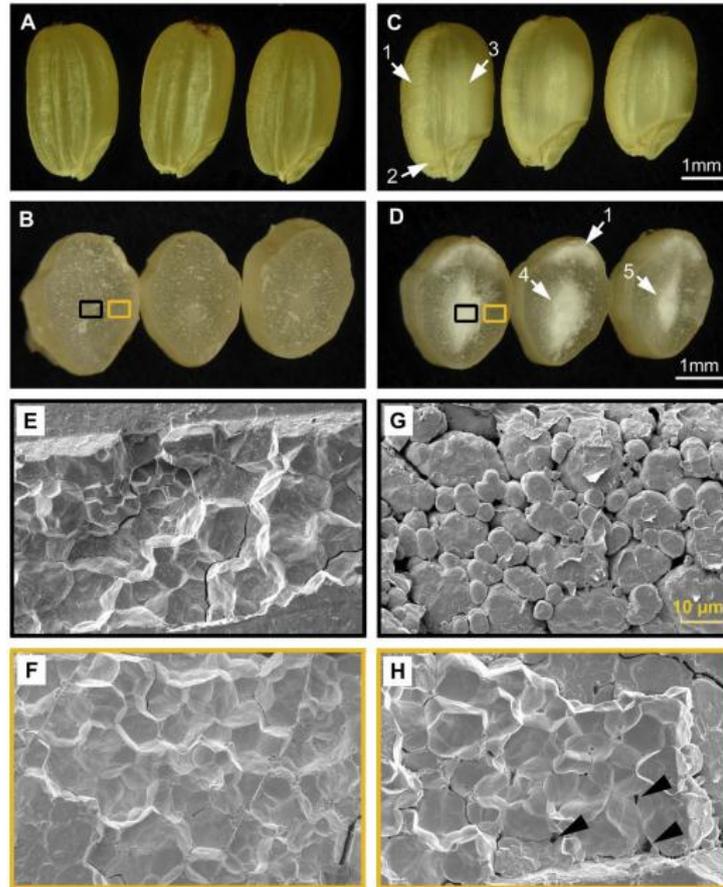


Figura 2. Aparência e micrografias de grãos de arroz expostos à condições de temperaturas de 20-26 °C (A, B, E e F) e 27-31 °C (C, D, G e H).

A e C: aparência típica; B e D: seções transversais; 1- gessamento na periferia; 2 – gessamento na base; 3 – centro branco; 4 – branco leitoso; 5 – centro branco; E e G: parte central do grão; F e H: parte lateral; Retângulos pretos e amarelos em B e D indicam a região da microscopia eletrônica de varredura de E, G e F, H, respectivamente.

Fonte: Ishimaru et al. (2009).

Além disso, Ishimaru et al. (2009) analisaram a estrutura dos grãos de arroz em fase de amadurecimento e enchimento do grão por seções transversais (Figura 2), onde observou-se que na fase inicial o endosperma branco leitoso não apresentou diferença de aparência entre as duas condições de temperatura. Porém, na fase tardia o endosperma do grão submetido à temperaturas de 20-26 °C tornou-se translúcido, enquanto que o endosperma do grão de temperatura elevada manteve-se com gessamento.

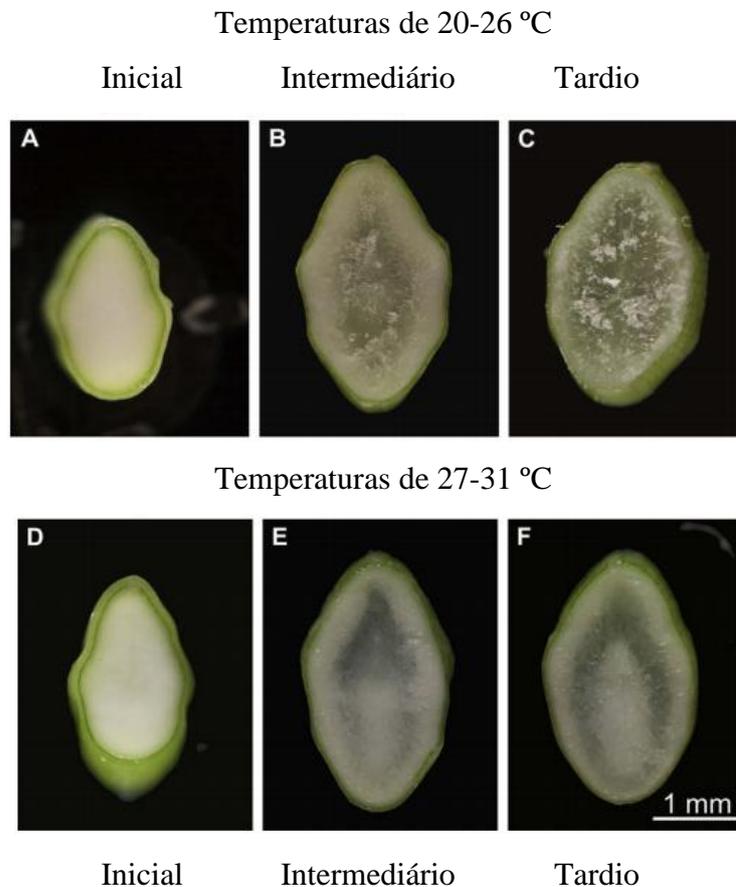


Figura 3. Seções transversais do desenvolvimento de cariospes de arroz sob condições de temperaturas de 20-26 °C (A - C) e 27-31 °C (D - F).

A e D: estágio de amadurecimento do grão inicial; B e E: estágio intermediário; C e F: estágio tardio.
 Fonte: Ishimaru et al. (2009).

2.5.3 Características sensoriais dos grãos gessados

Pesquisas têm mostrado que grãos gessados diferem dos grãos translúcidos na morfologia celular e, de certa forma, na sua composição química (PATINDOL; WANG, 2003). Esses autores identificaram pela Microscopia Eletrônica de Varredura que a porção gessada do grão consiste em camadas pouco compactas, grânulos esféricos, amido com espaços de ar, em oposição à porção translúcida, que consiste de células poligonais, densamente compactadas. Além disso, os autores afirmam que existem estudos indicando que os grãos gessados apresentam menor teor de amilose e absorvem mais água do que os grãos translúcidos na cocção, além de um teor mais elevado de lisina.

Porém, Lisle, Martin e Fitzgerald (2000) observaram que a presença de gesso no grão não afetou o teor de amilose, a estrutura da amilopectina e a composição de proteína do grão, apesar das diferenças observadas no comportamento de cocção. A partir desses resultados, os autores recomendaram que técnicas mais sensíveis devem ser usadas para verificar se os grãos gessados e translúcidos diferem nas composições de amido e proteína.

Ishimaru et al. (2009) afirmaram que os efeitos do gessamento do grão sobre as características sensoriais são diferentes dependendo do tipo de grãos gessados. Grãos branco-leitosos afetam negativamente a qualidade sensorial, mas grãos que possuem centro branco dificilmente afetam essas características.

Zimmermann et al. (1993), em uma pesquisa de aceitação dos defeitos do arroz pelo consumidor concluíram que os grãos gessados são importantíssimos na escolha do produto. Os autores verificaram que a presença de apenas 1% desse defeito na amostra provocou quedas acentuadas na preferência do consumidor, como a escolha do arroz longo-fino, que caiu de 91,2% para 21,9% em amostras que continham grãos gessados.

Entretanto, Zimmermann et al. (1993) afirmaram que a rejeição em relação às amostras somente foi acentuada nos casos em que os percentuais de defeitos excederam a 5% para grãos gessados. Além disso, os autores verificaram que amostras com porcentagens intermediárias de defeitos (2 a 3% de grãos gessados) não afetaram de maneira expressiva a aceitação do consumidor, que não lhe deu preferência, mas também não as rejeitou de forma clara. De forma geral, o consumidor aceita a presença de 1 a 2% de ocorrência de gessados no arroz. Singh et al. (2003) e Lisle; Martin e Fitzgerald (2000) também afirmaram que o arroz que contém mais de 2% de grãos gessados é rejeitado na maioria dos mercados mundiais.

Em relação às características sensoriais dos grãos gessados, existem estudos como o de Cheng et al. (2005), que constataram que o gessamento dos grãos obteve menor impacto nas características sensoriais do arroz do que nas propriedades de cocção medidas. Yoshioka et al. (2007) ressaltaram que o gessamento desaparece na cocção e não causa nenhum efeito no sabor ou aroma do produto. Entretanto, isto prejudica a aparência dos grãos, desvalorizando o arroz polido.

Jennings; Coffman; Kauffman (1979) também afirmaram que a preferência pelo grão translúcido é apenas uma característica de preferência visual, pois o gessamento do grão não afeta a qualidade nutricional e culinária do arroz. A opacidade desaparece durante a cocção e não altera o valor nutritivo do produto.

O consumidor brasileiro dá preferência por arroz com aspecto translúcido, com grãos íntegros e uniformes. Assim, para assegurar um bom retorno econômico, tanto para o produtor

como para o cerealista, é importante que sejam evitados quaisquer fatores que possam afetar negativamente a aparência e o percentual de grãos inteiros no beneficiamento (CASTRO et al., 1999).

Porém, ainda existem poucas pesquisas relacionadas com os efeitos dos grãos gessados na qualidade nutricional e culinária do arroz (QI-HUA et al., 2009). Informações sobre características moleculares das organizações estruturais do grânulo de amido ajudarão a esclarecer os mecanismos responsáveis pela ocorrência de gessamento no grão de arroz, e assim proporcionar informações importantes no melhoramento de arroz, modificação genética e na gestão de culturas (WOO et al., 2008).

O controle de outros defeitos encontrados no arroz, como grãos manchados, picados ou mofados são relativamente mais acessíveis do que os grãos gessados, que além de serem influenciados por características ambientais, também sofrem grande influência de origem genética, que ainda não se tem o controle (ISHIMARU et al., 2009).

Propriedades sensoriais e de cocção do arroz são muito afetadas pelo meio ambiente e pela posição dos grãos na panícula. Por isso, mais estudos detalhados são necessários para esclarecer a associação entre ocorrência de gessamento e as características sensoriais e de cocção do arroz, além de estudos para entender melhor os mecanismos genéticos e fisiológicos que conduzem ao gessamento do grão (CHENG et al., 2005).

Recentemente, pesquisadores do *International Rice Research Institute* (IRRI), descobriram informações genéticas importantes sobre as causas de gessamento do arroz. Os pesquisadores foram capazes de identificar as principais regiões no genoma do arroz que são responsáveis pelo gessamento. Essa descoberta coloca os cientistas numa perspectiva próxima de identificação dos genes específicos que formam o grão gessado. Portanto, compreender isso vai abrir caminho para a criação de variedades livres de grãos gessados (COPOK, 2011; IRRI, 2011).

Uma melhor compreensão dos fatores que contribuem para a qualidade dos grãos de arroz irá lançar as bases para o desenvolvimento de estratégias de seleção para a combinação de alta qualidade, com alto rendimento. Isso é necessário para atender à crescente demanda global de arroz de alta qualidade, oferecendo aos países produtores de oportunidades adicionais para gerar maiores receitas de exportação (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2008). Segundo Qi-Hua et al. (2009) pesquisas sobre os efeitos dos grãos gessados nas características sensoriais do arroz são importantes para fornecer referências para a melhoria da qualidade do arroz.

2.6 ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DOS GRÂNULOS DE AMIDO

Conforme a Resolução nº 12, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos de 1978, amido é o produto amiláceo extraído das partes comestíveis dos vegetais. O produto é designado “amido”, seguido do nome do vegetal de origem (BRASIL, 1978).

Os amidos são polissacarídeos de reserva presentes em diversas partes das plantas superiores, como grãos, raízes, rizomas, tubérculos, sementes e talos, que fornecem de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Depois dos açúcares mais simples (sacarose, glicose, frutose, maltose) é o principal carboidrato que os vegetais superiores sintetizam a partir da fotossíntese. Entre as matérias-primas para sua extração destacam-se as raízes e tubérculos, como mandioca e a batata e os cereais como o milho, trigo e arroz (CORRADINI et al., 2007).

Os alimentos amiláceos sempre estiveram presentes na dieta do homem. Na média mundial, 43% das calorias empregadas na alimentação humana são fornecidas por cereais. As fontes comerciais de amido mais importantes são os grãos de cereais que apresentam de 40 a 90% do peso seco constituído por amido, os grãos de leguminosas, com 30 a 70% e as tuberosas, que têm de 65 a 85%. As cinco principais espécies consideradas mundialmente como fontes comerciais de amido são o milho, trigo, arroz, batata e mandioca (FENNEMA; PARKIN; DAMODARAN, 2010).

O amido tem sido tradicionalmente usado na indústria de alimentos como ingrediente, e ao mesmo tempo como melhorador das propriedades funcionais em sistemas alimentícios. Nos países desenvolvidos, as indústrias são as maiores consumidoras de amido, sendo que os alimentos processados empregam amido para diversos fins, tais como espessante em sopas, caldos, molhos de carne, ligante em embutidos de carne, formador de gel em balas e pudins, estabilizante em molhos de saladas, entre outros (FRANCO et al., 2001).

Conforme Walter, Marchezan e Ávila (2008), o desenvolvimento das agroindústrias depende cada vez mais do conhecimento das características e propriedades do amido, que possibilita formas corretas de utilização, aprimoramento tecnológico e busca de novos mercados.

A estrutura macromolecular do amido lhe confere propriedades particulares, tais como solubilidade, viscosidade, poder de gelatinização ou de adesão. Uma alta viscosidade é desejável para usos industriais cujo 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 gelatinização, propriedade esta que lhe permite absorver, no aquecimento, até 2.500 vezes

seu peso em água. Propriedade alterada pela diminuição da temperatura, onde ao ser resfriado ou congelado, os polímeros de amido nativo se reagrupam, liberando água e quebrando o gel formado (FRANCO et al., 2001).

O amido, polissacarídeo que consiste de resíduos de α -D-glicose, podendo ser considerado uma homopolissacarídeo, se apresenta na forma de grânulos com forma e tamanho dependente de sua botânica (CORRADINI et al., 2007).

Os grânulos de amido são estruturas semi-cristalinas compostos de macromoléculas lineares e ramificadas arranjadas na direção radial. A biossíntese do amido ocorre dentro de estruturas especiais denominadas amiloplastos, onde estão localizadas enzimas que catalisam a síntese de polímeros, utilizando como material básico a glicose produzida na fotossíntese, envolvidos por uma matriz protéica, o estroma. Há casos em que apenas um grânulo de amido é formado dentro de um plastídeo, sendo chamado de grânulo simples, como é o caso da batata, trigo e centeio. Quando dois ou mais grânulos de amido se foram juntos em um plastídeo, constituem um grânulo de amido composto. Em arroz, muitos grânulos são formados em um único plastídeo. No princípio eles são arredondados, depois tornam-se angulares, separados por estreita faixa de estroma (FENNEMA; PARKIN; DAMODARAN, 2010).

Outro elemento diferenciador do amido é a dimensão dos grânulos, que varia em média de 4 até 70 nm. De forma geral, os grânulos de amido de batata são os maiores e os de arroz são um dos menores. Várias investigações estruturais têm sido realizadas para conhecer as características dos grânulos de amido. A microscopia aparece como uma ferramenta importante nos estudos das características do amido, acompanhamento de desenvolvimento de plantas amiláceas, análise de produtos, acompanhamento de processos, caracterização de resíduos, entre outros. A escolha da técnica e do microscópio para uma visualização de alta resolução da estrutura dos grânulos de amido depende do tipo de informação requerida, ou seja, superfície ou estrutura interna. Informações sobre a superfície dos grânulos podem ser conseguidas com a microscopia eletrônica de varredura (MEV) (FRANCO et al., 2001).

O amido é composto basicamente por dois tipos de macromoléculas, amilose e amilopectina, e deve muito de sua funcionalidade a essas moléculas, assim como à organização física destas dentro da estrutura granular (DENARDIN; SILVA, 2009). A proporção entre amilose e amilopectina é variável com a fonte botânica, o que irá conferir características específicas à pasta de amido (FRANCO et al., 2001).

A amilose e a amilopectina estão radialmente dispostas nos grânulos de amido com seus grupos redutores terminais orientados em direção ao centro ou hilo. Pequenas

quantidades de proteínas, identificadas como sintetase do amido, localizam-se no interior do grânulo. As outras enzimas da síntese do amido estão na matriz proteica separadas dos grânulos pela membrana do amiloplasto. Normalmente a amilose e a amilopectina são acumuladas conjuntamente durante o desenvolvimento do grânulo, mas a porcentagem de amilose aumenta com o grau de desenvolvimento de amido de cereais e tubérculos (FRANCO et al., 2001).

À medida que a planta produz moléculas dos polímeros, estas se depositam em camadas sucessivas ao redor de um ponto central, o hilo, para formar um grânulo compacto. Quando cada camada tem largura uniforme, o grânulo se tornará concêntrico ou simétrico; quando a deposição de amido é favorecida em uma direção, o hilo tomará uma posição assimétrica (FENNEMA; PARKIN; DAMODARAN, 2010).

Moléculas vizinhas de amilose e ramificações exteriores da amilopectina podem associar-se por pontes de hidrogênio de modo paralelo e constituir áreas cristalinas, conhecidas como micelas. As pontes de hidrogênio que se estabelecem entre as cadeias, através de grupos hidroxila, condicionam a resistência física e a solubilidade das moléculas. As micelas mantêm a estrutura do grânulo e permitem o inchamento em água quente sem uma ruptura completa do mesmo. A estrutura cristalina das micelas reflete luz que incide sobre o grânulo de amido. Os grânulos de amido não hidratados (não gelatinizados) desviam o plano de luz. É o chamado fenômeno de birrefringência. Assim, os grânulos de amido são birrefringentes mostrando uma cruz de polarização (Cruz de Malta) se observados sob luz polarizada (DENARDIN; SILVA, 2009).

Segundo Franco et al. (2001), ao utilizar-se um filtro adicional, a luz polarizada revela uma birrefringência positiva dos grânulos de amido, o que teoricamente indica uma orientação radial do eixo principal dos cristais. Quando a orientação radial da micela é perturbada, a birrefringência desaparece. Em alguns amidos ricos em amilose não é possível observar o fenômeno da birrefringência. Como os amidos cerosos, da mesma forma que os não cerosos, apresentam birrefringência, esta característica está associada à amilopectina.

A caracterização das frações amilose e amilopectina tem sido feita após solubilização e fracionamento do amido. De maneira clássica, essas moléculas podem ser caracterizadas pelo grau de polimerização, ramificadas ou não, o que afeta a capacidade de ligação com iodo e a susceptibilidade a enzimas, assim como a viscosidade intrínseca. Sabe-se que a interação de cadeias lineares de amilose com o iodo gera um complexo de inclusão no qual as moléculas de iodo ocupam a cavidade central da hélice do polissacarídeo, com a formação de cor com a absorção máxima a comprimentos de onda entre 620 e 680 nm. No caso da

amilopectina, a interação com o iodo resulta em absorção máxima na região entre 530 e 555 nm. A estequiometria da interação iodo-polissacarídeo foi usada para o desenvolvimento de uma titulação potenciométrica ou amperométrica para estimar quantitativamente amilose e amilopectina em amidos (FRANCO et al., 2001).

Não se pode generalizar sobre as estruturas, propriedades e comportamentos de amidos de diferentes fontes e os grânulos não se comportam todos do mesmo modo. Cada amido é único em termos de organização dos grânulos e estrutura de seus constituintes poliméricos (LOBO; SILVA, 2003).

Dessa forma, a estrutura dos componentes do amido tem sido extensivamente estudada, devido principalmente às suas diferentes funcionalidades, que determinam o comportamento do amido natural ou modificado nos mais diversos processos industriais (CORRADINI et al., 2007).

2.6.1 Amilose

A amilose é uma molécula essencialmente linear formada por unidades de D-glicose ligadas em α (1 \rightarrow 4) com um pequeno número de ramificações, apresentando peso molecular de $1,5 \times 10^5 - 10^6$ e tamanho médio da cadeia de aproximadamente 10^3 unidades de glicose. A amilose forma complexo com o iodo, resultando coloração azul e é instável em soluções aquosas diluídas, formando um retículo pela propriedade de retrogradação (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

A determinação da amilose é feita por diversas metodologias, porém nenhuma é totalmente aceita como ideal. Há variação nos dados da literatura o que comprova a falta de uma técnica completamente confiável para sua quantificação. A grande maioria dos trabalhos que reportam o teor de amilose de amidos, na realidade reportam o teor de amilose aparente. A amilose estimada é denominada amilose aparente devido à ocorrência de amiloses de cadeias curtas que subestimam o teor de amilose, e amilopectinas de cadeias ramificadas externas mais longas que superestimam este teor. Observou-se que cadeias ramificadas longas de amilopectina interagem com iodo, resultando em maior afinidade do amido pelo iodo (FRANCO et al., 2001).

2.6.2 Amilopectina

A amilopectina é uma molécula altamente ramificada formada por unidades de D-glicose ligadas em α (1 \rightarrow 4) e com 5 a 6% de ligações α (1 \rightarrow 6) nos pontos de ramificação. A grande maioria dos amidos contém 20 – 30% de amilose e 70 – 80% de amilopectina e essa

razão varia com a fonte botânica. É composta por centenas de cadeias curtas de $(1 \rightarrow 4) - \alpha - D - \text{glucanas}$ interligadas pelas ligações $\alpha (1 \rightarrow 6)$. A amilopectina apresenta um grau de polimerização cerca de $10^4 - 10^5$, peso molecular da ordem de $(50-500) \times 10^6$ e o comprimento das ramificações é variável, mas é comum apresentarem entre 20 e 30 unidades de glicose. Em presença de iodo a amilopectina resulta em coloração avermelhada e é estável em soluções aquosas diluídas (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

Uma molécula de amilopectina consiste de uma cadeia principal C, que carrega o grupo redutor da molécula e numerosas cadeias ramificadas, A e B (Figura 4). As cadeias A são aquelas que são conectadas a outras cadeias via ligações $\alpha (1 \rightarrow 6)$, mas não carregam qualquer ramificação. Cadeias B são aquelas conectadas à outras cadeias também via ligações $\alpha (1 \rightarrow 6)$, que possuem uma ou mais cadeias A ou B, ligadas a ela através inúmeras de ligações $\alpha(1 \rightarrow 6)$ (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

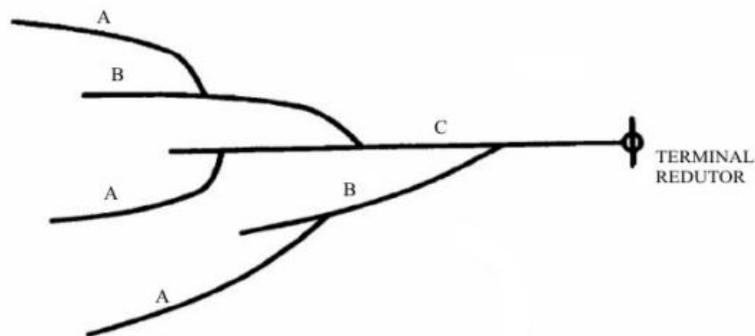


Figura 4. Estrutura da amilopectina.

Fonte: Tester; Karkalas; QI (2004).

O modelo proposto para a amilopectina, no qual os *clusters* ou cachos, associados de cadeias A passariam a constituem uma camada cristalina na direção do eixo da cadeia. Tais *clusters* associados constituiriam a fração dos grânulos de amido resistentes ao ácido. As áreas intercristalinas entre os sucessivos *clusters* ou camadas cristalinas contém a maior parte das ligações $\alpha (1 \rightarrow 6)$ bem mais susceptíveis ao ácido. No entanto, existem variações deste modelo proposto por outros autores e ainda não está claro se ele se aplica a todas as amilopectinas independente da fonte botânica (FRANCO et al., 2001).

As cadeias de amilopectina dentro dos grânulos estão radialmente arranjadas com seus grupos terminais não redutores em direção à superfície, e estas são organizadas alternando áreas cristalinas e amorfas com periodicidade de 9 nm, como mostra o esquema na Figura 5. Cada *cluster* contém uma região com pontos de ramificação (área amorfa) e uma região com segmentos curtos da cadeia de amilopectina que forma duplas hélices (área cristalina).

Cadeias de uma ou mais moléculas de amilopectina interligam-se em duplas hélices, que empacotam-se em uma lamela (LU; CHEN; LII, 1997).

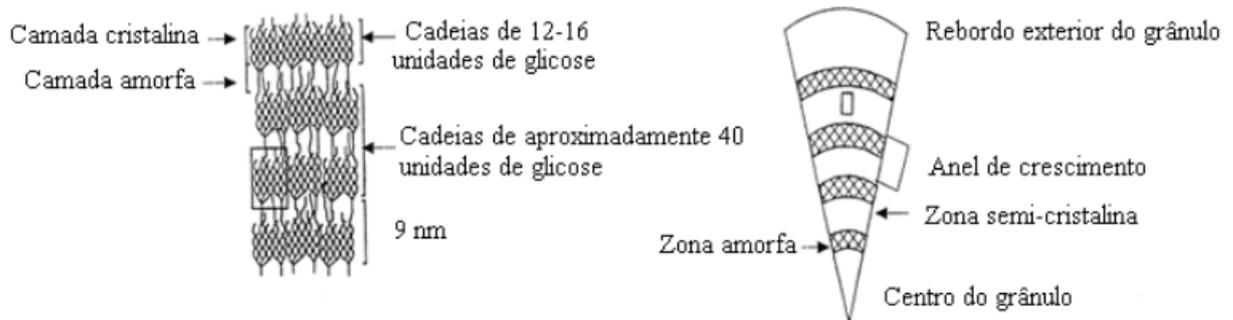


Figura 5. Representação esquemática da organização molecular da amilopectina (modelo *cluster*) no grânulo de amido.

Fonte: Franco et al. (2001).

As proporções de amilose e amilopectina influem na viscosidade e no poder de gelificação do amido no arroz. O conteúdo de amilose é considerado uma das variáveis mais importantes para avaliar o seu comportamento de cocção (ITURRIAGA; MISHIMA; AÑON, 2010).

Segundo Pereira et al. (2009), durante o cozimento, o teor de amilose determina a absorção de água, expansão do volume e o teor de sólidos solúveis. Após o cozimento, afeta a cor, o brilho, a coesividade e a dureza do arroz. Grãos cozidos contendo amido com teores de amilose acima de 25% são secos e soltos, enquanto aqueles com amilose abaixo desse valor tendem a ser pegajosos e mais úmidos.

A proporção entre as frações de amilose e amilopectina, o comprimento das cadeias e a distribuição espacial das moléculas dos polissacarídeos, influenciam profundamente as propriedades físico-químicas do amido e, por consequência, a qualidade de cocção e sensorial do arroz cozido (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

Embora a reação do arroz ao calor, como acontece durante o processo de cozimento, possa ser influenciada por fatores como o estágio de maturação do grão na época da colheita, o grau de polimento dos grãos ou as condições e o tempo de armazenamento, seu comportamento é extremamente dependente de sua composição química, em que o amido é o componente predominante (JENNINGS; COFFMAN; KAUFFMAN, 1979).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características físicas, químicas e sensoriais de grãos de arroz translúcidos e gessados da cultivar Puitá INTA CL, assim como das substituições de grãos translúcidos por gessados até o nível de 10% (m/m), valor máximo estabelecido pelo MAPA, e investigar os efeitos dos grãos gessados nas características de qualidade do arroz.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a morfologia dos grânulos de amido do grão de arroz translúcido e gessado por Microscopia Eletrônica de Varredura;
- Determinar a composição química (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos) das amostras;
- Determinar o teor de amilose das amostras de arroz;
- Estabelecer o perfil viscoamilográfico das amostras de arroz;
- Identificar a textura e pegajosidade das amostras de arroz;
- Avaliar o Perfil de Textura das amostras de arroz;
- Determinar as características de Brancura, Transparência e o Grau de polimento das amostras de arroz;

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de janeiro de 2011 a janeiro de 2012. As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás; a análise de carboidratos foi realizada no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal de Goiás; a análise de textura foi realizada no Laboratório de Análises Físico-químicas do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) da Vila Canaã, Goiânia – GO; a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LAMMAR) do Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás.

4.1 MATERIAL

As matérias-primas utilizadas foram grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) polidos translúcidos e gessados, da cultivar Puitá INTA CL, doadas pela indústria beneficiadora de arroz Cristal Alimentos Ltda., situada em Aparecida de Goiânia – GO. Na indústria, as amostras de grãos translúcidos foram coletadas na etapa de empacotamento para comercialização, após passar pelos procedimentos de descascamento, polimento e etapa de limpeza dos grãos, retirada das sujidades e defeitos, garantindo assim a isenção de sujidades nos grãos. As amostras de grãos gessados foram coletadas na etapa de separação dos defeitos do arroz por selecionador ótico. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, para serem armazenadas em sacos de polietileno e mantidas sob congelamento em *freezer* a -18 °C até a realização das análises.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

No protocolo experimental da pesquisa, apresentado na Figura 6, estão indicadas todas as etapas do experimento com as respectivas análises realizadas.

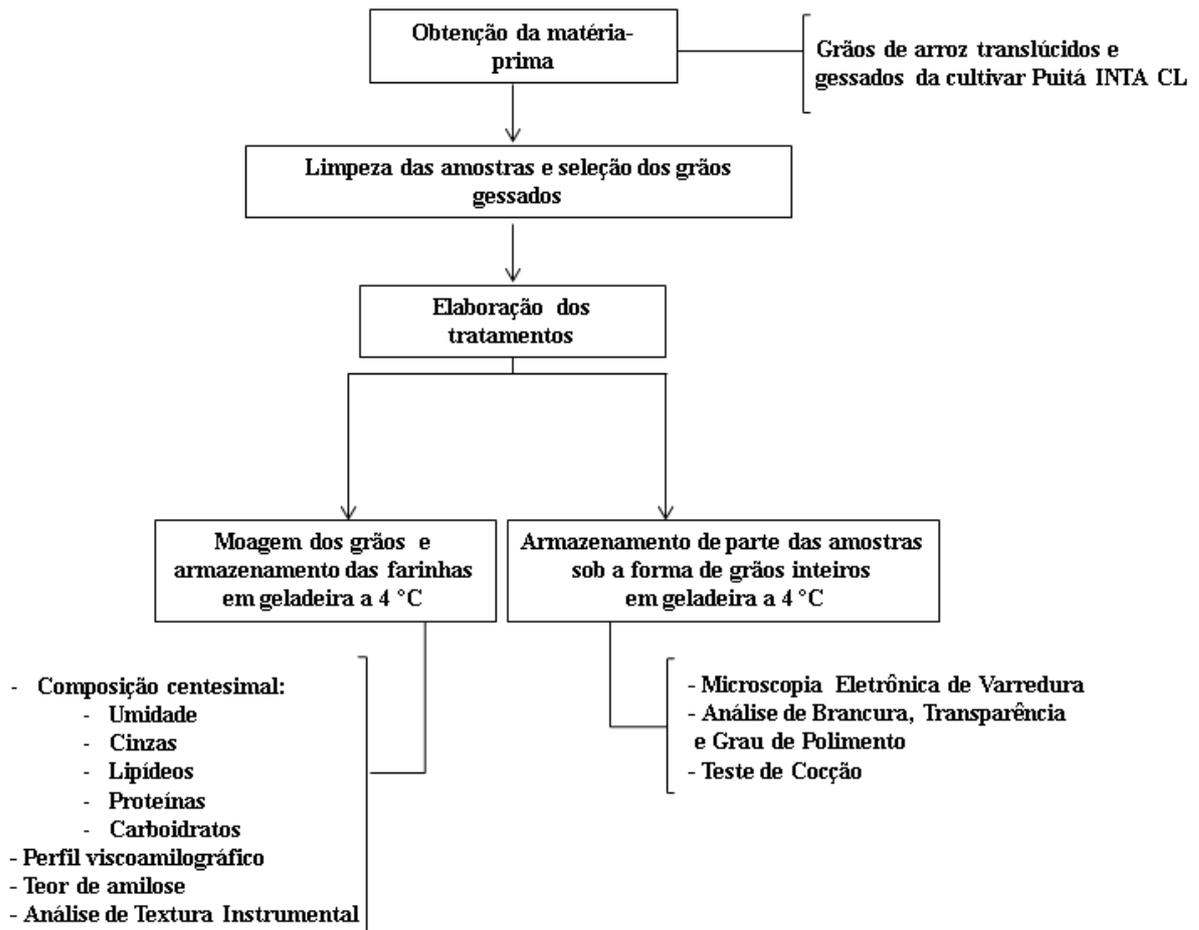


Figura 6. Protocolo experimental da pesquisa.

Para avaliação do efeito das porcentagens de grãos gessados na qualidade do arroz, definiu-se os tratamentos seguindo os limites máximos de tolerância de gessados conforme a classificação do arroz em Tipos, determinados pelo MAPA, por meio da Instrução Normativa N° 6, de 16 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009). Os tratamentos consistiram de sete proporções de grãos gessados (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 100%) no arroz translúcido (Figura 7), em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

As análises de composição química, perfil viscoamilográfico, grau de polimento e teor de amilose foram realizadas com três repetições, em triplicata. A textura instrumental foi analisada em 5 leituras para cada tratamento, o teste de cocção foi realizado em três repetições. A análise de Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no grão gessado e translúcido.

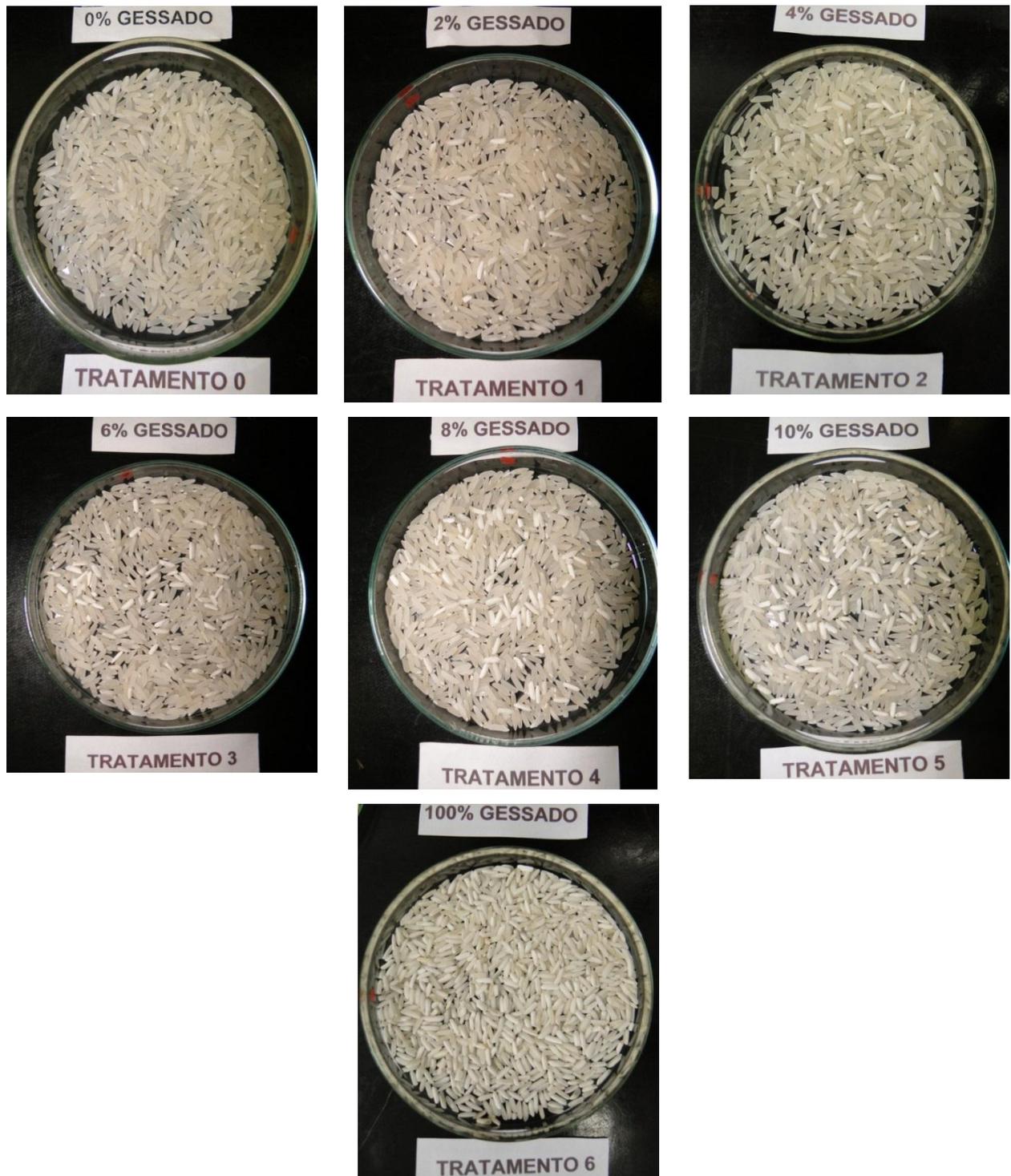


Figura 7. Tratamentos elaborados com grãos de arroz translúcidos e gessados da cultivar Puitá INTA CL nas porcentagens de substituições de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 100% de grãos translúcidos por gessados.

Fonte: Arquivo pessoal

Cada tratamento foi elaborado manualmente com a substituição dos grãos translúcidos por gessados, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Porcentagens de grãos de arroz translúcidos (%) e grãos de arroz gessados (%) em cada tratamento elaborado pela substituição de 0 a 100% de grãos translúcidos por gessados.

Tratamentos (%)	% Grãos translúcidos (m/m)	% Grãos gessados (m/m)
0	100	0
2	98	2
4	96	4
6	94	6
8	92	8
10	90	10
100	0	100

Elaboração dos tratamentos

Para elaboração dos tratamentos, os grãos foram examinados por inspeção visual e selecionados manualmente somente grãos inteiros totalmente gessados (opacidade visual de 100%) e grãos inteiros translúcidos, sem nenhuma área gessada, obtidas na indústria beneficiadora. Em seguida, os grãos gessados foram misturados aos grãos translúcidos conforme as proporções de substituição definidas no delineamento experimental. Após a elaboração dos tratamentos, uma parte das amostras foi moída para obtenção das farinhas, em moinho de facas da marca *Perten instruments AB.*, modelo *Laboratory Mill 3100*, sendo acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas sob refrigeração a 4 °C durante todo o período de realização das análises. As demais amostras foram armazenadas sob refrigeração a 4 °C sob a forma de grãos inteiros, para a utilização nas demais análises.

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Microscopia Eletrônica de Varredura

Observou-se a morfologia dos grânulos de amidos do grão de arroz gessado e do grão de arroz translúcido em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca Jeol, modelo JSM-6610, equipado com EDS, *Thermo scientific NSS Spectral Imaging* (Figura 8).

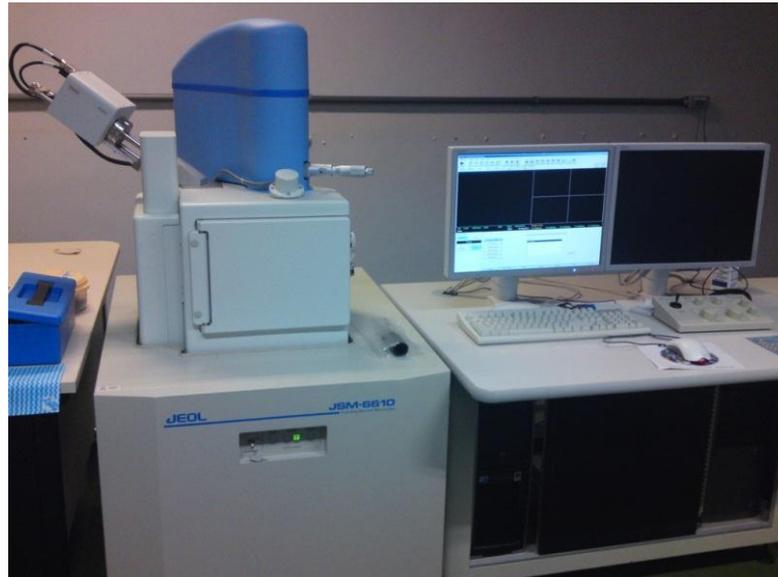


Figura 8. Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol, modelo JSM-6610.

Fonte: Arquivo pessoal

Cada grão foi dividido em 3 partes com auxílio de duas pinças, sendo descartadas as extremidades do grão. Colocou-se uma fita carbono sobre o suporte porta-amostras do microscópio (*stub*) com uma camada de tinta grafite condutora por cima (Figura 9). A parte central de cada grão foi colocada sobre a fita de carbono, com a seção transversal do grão posicionada para cima. O suporte foi levado ao sistema para deposição de filmes de ouro (metalizador), marca Denton Vacuum, Desk V (Figura 10) para aplicação de uma fina camada de ouro, depositada pelo processo de *sputtering*. As amostras preparadas foram observadas ao microscópio com aumento de 55x, 200x, 500x, 1000x, 3000x, 6000x, utilizando tensão aceleradora de 4 kV.



Figura 9. Suporte porta-amostras (*stub*) com as seções transversais dos grãos gessado e translúcido aderidos à fita de carbono.

Fonte: Arquivo pessoal

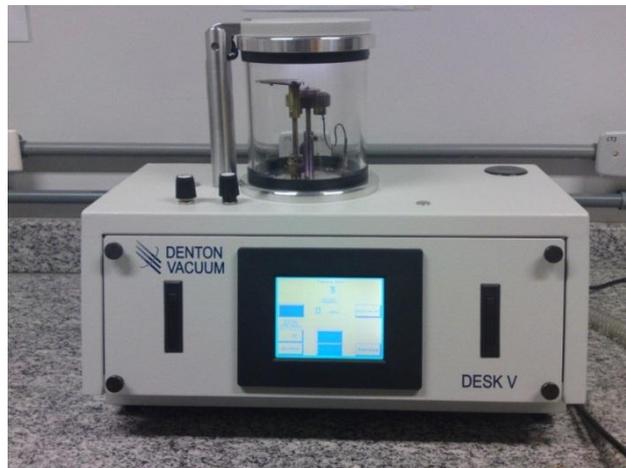


Figura 10. Sistema para deposição de filmes de ouro (metalizador), Denton Vacuum, Desk V.
Fonte: Arquivo pessoal

4.3.2 Composição Química

O teor de cinzas das amostras foi determinado por carbonização em chapa elétrica de aquecimento (Cimarec, Barnstead / Thermolyne) seguida de incineração completa em mufla (Bravac) a 550 °C, até peso constante; a umidade foi determinada com a perda de peso da amostra, quando aquecida em estufa (Fanem, Retilínea) a 105°C até peso constante; os teores protéicos foram obtidos por meio da análise de nitrogênio no destilador de nitrogênio (Tecnal, TE – 0363), segundo o método Kjeldahl, sendo utilizado o fator de conversão de 5,95 para a conversão do nitrogênio em proteína bruta; o teor de lipídios foi determinado após a extração com éter de petróleo em extrator de óleos e gorduras (Marconi, MA 044/8/50). As análises mencionadas foram realizadas conforme as metodologias propostas pela AOAC (2005), em três repetições, em triplicata.

Os carboidratos totais foram determinados pelo método colorimétrico para determinação de açúcares (fenol-sulfúrico) conforme Dubois et al. (1956) (Anexo A). As amostras inicialmente foram passadas em peneiras de abertura de 0,210 mm (Granutest, tyler 65) para o preparo das soluções, e a leitura foi realizada em espectrofotômetro luz visível (Biospectro, SP-220) com absorvância a 490 nm.

4.3.2.1 Curva padrão para determinação dos carboidratos

Para a determinação do teor de carboidratos das amostras construiu-se uma curva de calibração, que está apresentada na Figura 11, servindo como referência para os teores de carboidratos das amostras avaliadas.

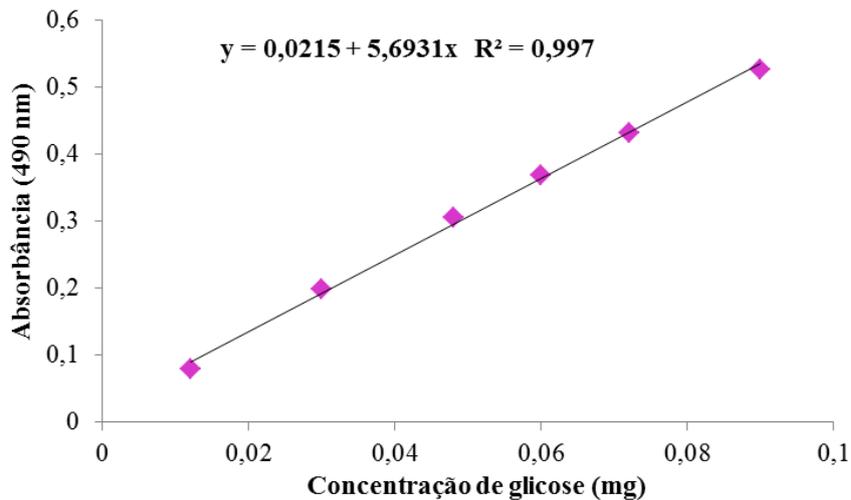


Figura 11. Curva padrão do teor de carboidratos.

Verifica-se que o valor do coeficiente de determinação (R^2) da curva explicou 99,7% das respostas, comprovando a confiança dos resultados obtidos. Este método consiste na determinação espectrofotométrica de açúcares através da reação com o fenol em meio ácido e baseia-se na determinação de açúcares simples, polissacarídeos e seus derivados incluindo os metil-ésteres com grupos redutores livres, após a desidratação dos mesmos pelo ácido sulfúrico, e subsequente complexação dos produtos formados com o fenol. A mudança da cor da solução é medida na região do visível e é proporcional à quantidade de açúcares presentes na amostra. A reação é sensível e de cor estável (BALDASSO, 2008). De acordo com Dubois et al. (1956), o método é simples, rápido e bastante sensível, fornecendo resultados com uma boa reprodução.

4.3.3 Teor de amilose

O teor de amilose aparente (TA) foi determinado por meio da técnica colorimétrica, utilizando como indicador a solução iodo/ iodeto de potássio e o complexo formado foi analisado automaticamente em equipamento por injeção de fluxo, FIAstar 5000 (FOSS,

Sweden) (Figura 12). A metodologia utilizada foi desenvolvida por Martínéz e Cuevas (1989) e adaptada pelo Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão.

Inicialmente, 100 mg ($\pm 0,3$) da amostra foram pesados em balança analítica (HR-120, AND, Japan) e transferidos para balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, acrescentou-se 1 mL de álcool etílico 95% agitando-se cuidadosamente para dissolver as partículas de farinha. A seguir, adicionou-se 9 mL de solução de NaOH 1 mol.L⁻¹ e deixou-se em repouso durante 16 horas em temperatura ambiente. Após o repouso, período em que ocorre a gelatinização do amido, completou-se com água destilada o volume dos balões volumétricos que foram tampados e homogeneizados. Posteriormente, transferiu-se alíquotas de 10-12 mL de cada repetição para tubo de ensaio (100 x 15 mm) para análise no equipamento por injeção de fluxo.



Figura 12. Equipamento por injeção de fluxo, FIAstar 5000, da marca FOSS utilizado para a determinação do teor de amilose.

Fonte: Arquivo pessoal

No equipamento ocorre a reação em fluxo entre alíquotas da amostra, ácido acético e solução de iodo/iodeto de potássio (proporção 1:10) formando um complexo azul cuja transmissão e/ou absorção da luz é medida a 720 nm. Com base na curva de calibração utilizando padrão de amilose de batata (A-512, Sigma-Aldrich), previamente analisada, o software do equipamento calcula a concentração de amilose na amostra.

Para cada ensaio realizado, as cultivares de arroz Bengal, Lemont e Dixibelle foram utilizadas como controles, pois estas apresentam teores de amilose baixo, intermediário e alto, respectivamente. Os valores de referência para classificação das amostras, de acordo com os teores de amilose, podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5. Classificação do teor de amilose em arroz.

Classificação	Teor de amilose (%)
Alto	28 a 32
Intermediário	23 a 27
Baixo	11 a 22

Fonte: Adaptado de Martínéz e Cuevas (1989).

4.3.4 Análise viscoamilográfica

As propriedades viscoamilográficas das amostras de arroz foram obtidas no aparelho *Rapid Visco Analyser* (RVA), série 4, da Newport Scientific (Figura 13), com o auxílio do *software Termocline for Windows* (TCW 3), utilizando a programação *Rice Rapid* para medir a viscosidade de pasta aparente das amostras (Figura 14) em função da temperatura, segundo o método oficial para arroz, 61-02 da AACC (2000).



Figura 13. Rapid Visco Analyser (RVA) da Newport Scientific, indicando tempo de análise (s), temperatura (°C), velocidade (rpm) e viscosidade (cP).

Fonte: Arquivo pessoal

Para 3 g de cada amostra moída (corrigidas para 14% umidade) adicionou-se quantitativamente 25 mL de água destilada, que foi analisada de acordo com o seguinte regime de tempo/temperatura: 50°C por 1 minuto, aquecimento de 50°C a 95°C a uma taxa de 11,84°C/min, manutenção da pasta a 95°C por 2,5 minutos e resfriamento de 95°C a 25°C a uma taxa de 11,84°C/min, num total de 12 minutos de análise.



Figura 14. Pasta de arroz após a análise do perfil viscoamilográfico no RVA.

Fonte: Arquivo pessoal

A partir das curvas obtidas avaliou-se a Viscosidade máxima (Viscosidade de Pico), *Breakdown* (Quebra de Viscosidade), Viscosidade final, *Setback* (Tendência à retrogradação), Tempo de Pico e Temperatura da Pasta (Figura 15).

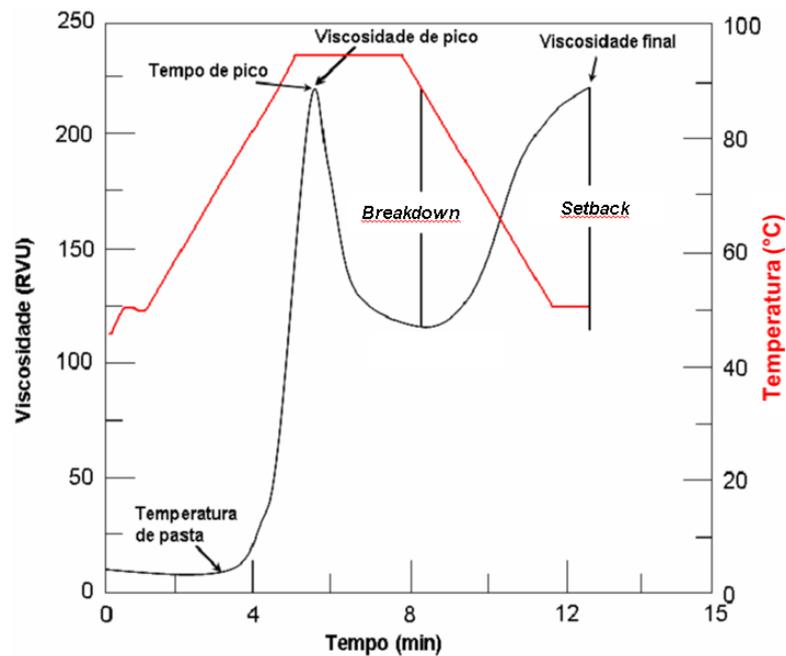


Figura 15. Curva de viscosidade típica do RVA, mostrando os principais parâmetros avaliados durante o empastamento em RVU.

Fonte: (BATEY, 2007).

Os valores de viscosidade obtidos foram expressos em centipoise (cP), sendo que 1 RVU (unidade rápido viscoamilográfica) equivale à aproximadamente 12 cP (BOOTH; BASON, 2007).

4.3.5 Teste de cocção

O teste de cocção auxilia na avaliação, de forma subjetiva, da textura e pegajosidade dos grãos de arroz translúcidos, gessados e os tratamentos com as substituições de grãos translúcidos por gessados, tempo de cozimento e rendimento após cocção. O teste foi realizado conforme metodologia proposta por Martínéz e Cuevas (1989), com adaptações para utilização de panelas elétricas. Para o cozimento do arroz foram adicionados 1 copo (usando copo medidor que acompanha panela elétrica) de água, aproximadamente 140 mL, em temperatura ambiente na panela elétrica da marca Mondial, modelo Bianca Rice 4 (Figura 16). Em seguida, colocou-se 1/2 copo de arroz previamente lavado, aproximadamente 70 g, e aguardou-se o cozimento. Para obter o tempo de cocção foi utilizado o cronômetro (*Oregon Scientific*, TR 119), acionado no momento em que o vapor de água começou a sair pela válvula de vapor, e a contagem do tempo foi encerrada quando o *led* “cozinhar” desligou e o *led* “aquecer” da panela foi aceso. Logo após, iniciou-se a contagem de 5 minutos para abrir a panela e retirar a amostra para o teste. O arroz foi retirado da panela e colocado no copo medidor para ser transferido para a bandeja (Figura 17), e a pegajosidade avaliada visualmente verificando se o arroz cozido se desmancharia ou não ao ser vertido do copo para a bandeja, sendo a classificação aplicada conforme a Tabela 6.



Figura 16. Teste de cocção de amostras de arroz em panelas elétricas Mondial, modelo Bianca Rice 4.

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 17. Amostra de arroz logo após cocção sendo colocada no copo medidor para ser vertida para a bandeja.

Fonte: Arquivo pessoal

A avaliação subjetiva é feita de forma que a amostra, ao ser vertida para a bandeja adquire o formato do copo medidor e não se desfaz ao ser colocada na bandeja, apresenta tendência de ser mais pegajosa. Enquanto que, a amostra que se espalha na bandeja ao ser vertida, é caracterizada como uma amostra de arroz com grãos mais soltos. Para avaliação da textura, deixou-se o arroz cozido esfriar até a temperatura de 45°C, monitorando a temperatura com auxílio de um termômetro digital, conforme Figura 18.



Figura 18. Monitoramento da temperatura da amostra com termômetro digital.

Fonte: Arquivo pessoal

Ao atingir a temperatura desejada, foram selecionados alguns grãos aleatoriamente em 10 pontos diferentes da amostra para avaliação da textura. Realizou-se pressão leve em cada grão entre os dedos indicador e polegar, sendo a classificação de acordo com a Tabela 6. Cada tratamento foi analisado por 2 avaliadores treinados na Embrapa Arroz e Feijão para a

realização dessa análise, obtendo uma média de resultados de 10 avaliações por técnico em cada repetição. A análise foi realizada em três repetições para cada tratamento.

Tabela 6. Classificação do arroz cozido segundo sua pegajosidade e textura.

Pegajosidade	Textura
1. Extremamente solto - ES	1. Extremamente macio – EM
2. Muito solto - MS	2. Macio – M
3. Solto - S	3. Ligeiramente macio - LM
4. Ligeiramente solto - LS	4. Macio com centro firme - MCF
5. Pegajoso - P	5. Levemente firme - LF
6. Muito pegajoso - MP	6. Firme - MF
7. Extremamente pegajoso - EP	7. Extremamente firme - EF

Fonte: Adaptado de Martínéz e Cuevas (1989).

O rendimento foi determinado medindo-se a quantidade de copos medidores obtidos de arroz cozido (A), utilizando-se para o cálculo a equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{A \times 100}{B} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: A representa a quantidade de porção de arroz cozido e B a quantidade de porção de arroz cru.

4.3.6 Análise de textura instrumental da pasta de arroz

Para a análise de textura foi utilizado o Texturômetro TA.XT *Express Enhanced* (*Stable Micro Systems*) com auxílio do *software Expression*, versão 1.1.12.0, pelo método de Análise do Perfil de Textura ou TPA (*Texture Profile Analysis*) (Figura 19).

A textura dos tratamentos foi avaliada sobre a mistura gelatinizada após a análise do perfil viscoamilográfico no RVA, sendo selada imediatamente com parafilme para prevenir a perda de umidade e armazenada em temperatura ambiente (25 °C) durante 24 horas, com preparo em quintuplicata para cada tratamento.



Figura 19. Texturômetro TA.XT *Express Enhanced* utilizado na análise de textura instrumental.

Fonte: Arquivo pessoal

A textura do gel formado foi avaliada conforme método descrito por Horndok e Noomhorm (2007), com modificações para um probe de aço inoxidável cilíndrica de 20 mm de diâmetro (P/20) (Figura 20). As condições utilizadas para a análise foram carga de 5,0 g, velocidade de teste de 2,0 mm/s com dois ciclos de penetração, velocidade de pré-teste de 2,0 mm/s, velocidade de pós-teste de 10 mm/s, até uma distância de 10 mm, durante o tempo de 1 segundo. Foram realizadas 5 leituras para cada tratamento. Os parâmetros de textura do gel foram obtidos a partir de curvas de força x tempo e área dos gráficos, onde foram determinados dureza (g), gomosidade (g), coesividade (adimensional), elasticidade (mm), adesividade (g.s) e mastigabilidade (g.m).



Figura 20. Probe de aço inoxidável cilíndrica de 20 mm de diâmetro (P/20) utilizada para perfuração das amostras na análise de textura.

Fonte: Arquivo pessoal

4.3.7 Características físicas

Os tratamentos foram analisados em um medidor de brancura da marca Zaccaria, modelo MBZ-1 (Figura 21). Esse equipamento gera três parâmetros de leitura: brancura (%), transparência (%) e grau de polimento (pontos) (OLIVEIRA et al., 2009).



Figura 21. Medidor de brancura, transparência e grau de polimento do arroz.

Fonte: Arquivo pessoal

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para avaliação e comparação dos grãos translúcidos e gessados, realizou-se teste para comparação das médias pelo Teste de t de *Student*, ao nível de 5% de probabilidade. Para avaliar o comportamento dos tratamentos com a substituição dos grãos translúcidos por gessados realizou-se análise de regressão entre os tratamentos 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de grãos gessados. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

5.1.1 Micrografias dos grãos de arroz translúcidos e gessados

Os aspectos gerais dos grânulos de arroz translúcido e gessado avaliados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com aumento de 55x, 200x e 500x podem ser observados na Figura 21 (a-f). É perceptível nas micrografias a diferença das microestruturas entre os grãos translúcidos e gessados.

Nas seções transversais dos grãos, observa-se, de uma forma geral, que os grânulos de amido do grão translúcido apresentam estrutura mais organizada e definida do que o gessado. Nas micrografias com aumento de 200x e 500x, Figura 22 (c) e (d) e Figura 22 (e) e (f), respectivamente, os grânulos do arroz translúcido apresentam-se com estruturas bem delimitadas, compactas, com formato poliédrico bem definido, que é característico de grânulos de arroz (QI-HUA et al., 2009).

Segundo Franco et al. (2001) e Juliano (1985), o tamanho dos grânulos do amido de arroz é muito pequeno quando comparado com os de milho (15 μm) e o de trigo (30 μm), variando de 3 a 9 μm em formas poligonais irregulares. Em arroz, muitos grânulos de amido são formados em um único plástídeo, sendo denominado de amido composto. Sua estrutura apresenta formato dodecaedro pentagonal, contendo aglomerados com cerca de 20 a 60 grânulos individuais, onde os espaços entre eles são preenchidos por células do endosperma.

Nas micrografias com aumento de 1000x, 3000x e 6000x, Figura 23 (a-f), observa-se que os grãos translúcidos apresentam estrutura uniforme com amiloplastos bem compactos, enquanto que o grão gessado apresenta grânulos isolados, com espaços de ar (indicados pelas setas nas figuras 23-d e 23-f) entre si, ocasionando acondicionamento frouxo entre os grânulos de amido e proteína, e estrutura granular desordenada. Além disso, os grânulos do grão gessado são maiores e tendem a apresentar formato esférico.

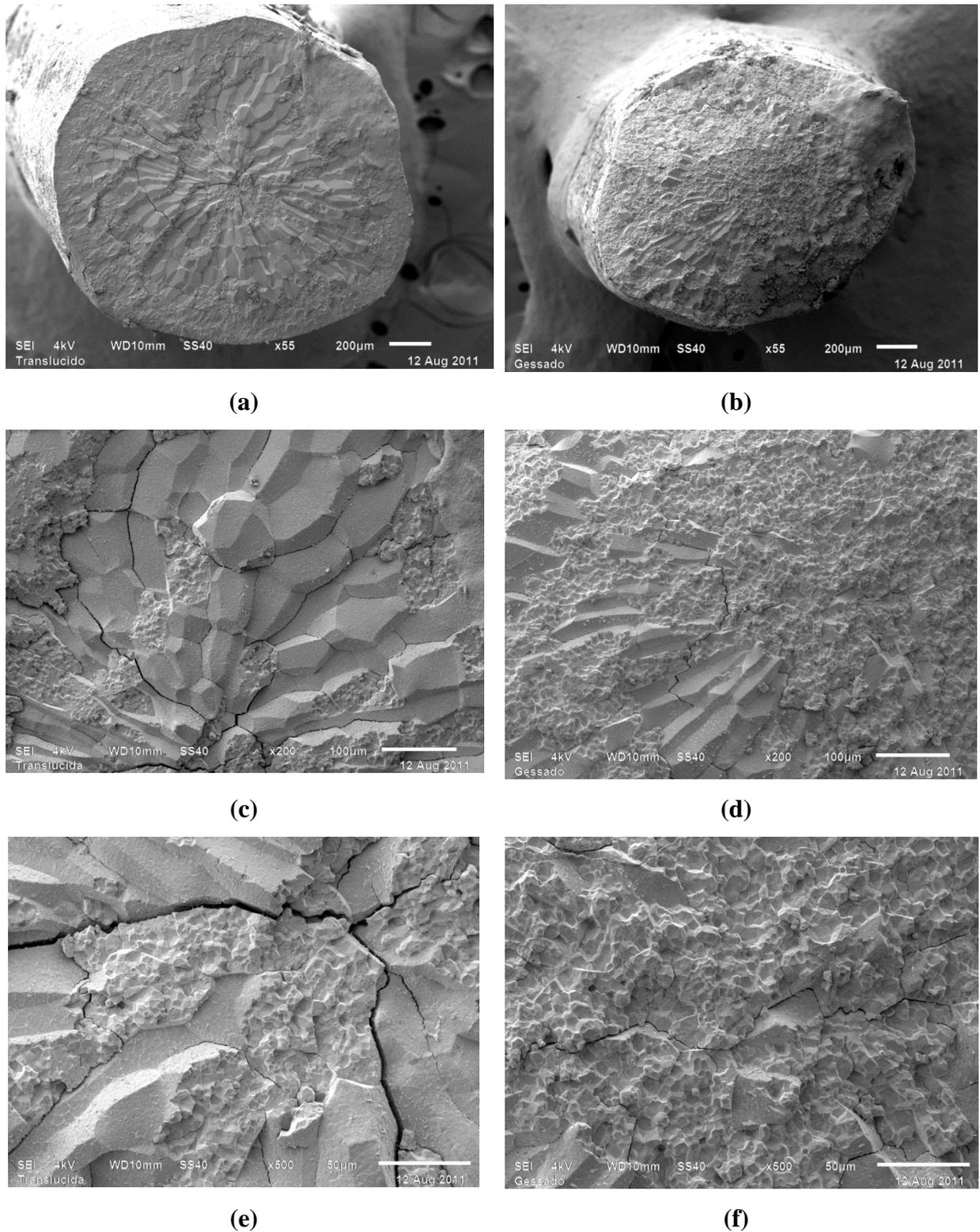


Figura 22. Micrografias dos grãos de arroz translúcidos (0% gessados) (a), (c) e (e) e gessados (100% gessados) (b), (d) e (f) em microscópio eletrônico de varredura visualizadas em aumento de 55x, 200x e 500x, respectivamente.

A opacidade que é visualizada na superfície do grão gessado se dá justamente pela presença desses espaços de ar entre os amiloplastos, que difratam a luz impedindo sua reflexão tornando o aspecto visual do grão opaco (KIM et al., 2000).

Após cozidos, os grãos gessados provavelmente devem apresentar maior desorganização da estrutura entre os grânulos de amido.

Kim et al. (2000), avaliou a microestrutura dos grãos gessados após cozimento, onde constatou que as células dos grãos gessados apresentaram-se mais frágeis, devido à sua estrutura desorganizada com presença de ar, e o alinhamento delas deixou de ser visível após cozidos.

As características identificadas na microestrutura do grão gessado avaliado foram semelhantes às características observadas por Ishimaru et al. (2009); Fitzgerald, McCouch e Hall (2008); Lisle, Martin e Fitzgerald (2000) e Singh et al. (2003), que encontraram significativas variações nas microestruturas dos grãos translúcidos e gessados, como presença de espaços de ar, estrutura desordenada e acondicionamento mais frouxo entre os grânulos de amido do grão gessado.

Zhou et al. (2009), ao avaliar a microestrutura dos grãos gessados também identificaram grânulos maiores com formatos mais esféricos, diferindo da conformação poliédrica característica do grânulo de arroz.

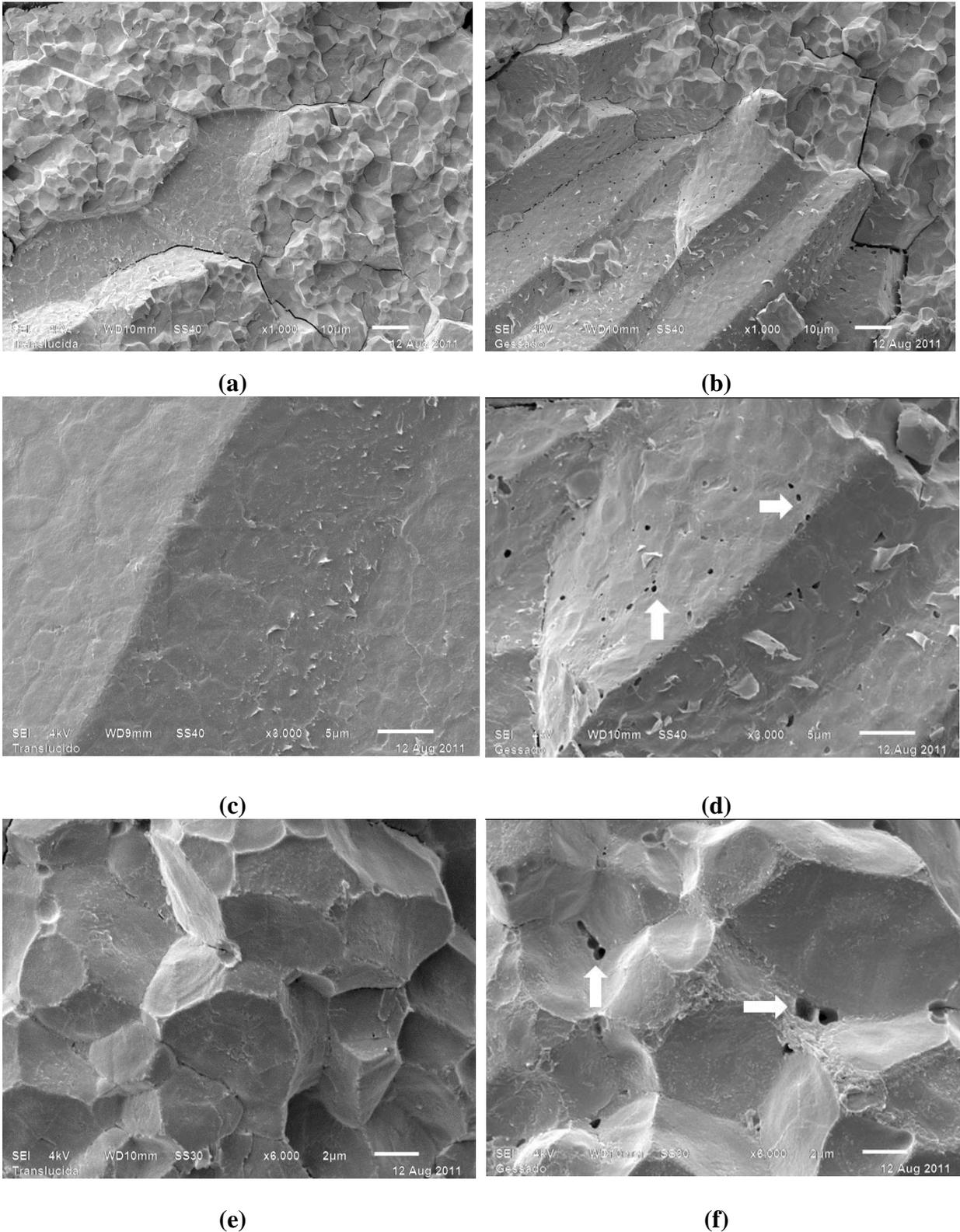


Figura 23. Micrografias dos grãos de arroz translúcidos (0% gessados) (a), (c) e (e) e gessados (100% gessados) (b), (d) e (f) em microscópio eletrônico de varredura visualizadas em aumento de 1000x, 3000x e 6000x, respectivamente.

5.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR ENERGÉTICO

5.2.1 Composição química e valor energético dos grãos de arroz translúcidos e gessados

Para avaliação da composição química e valor energético dos grãos de arroz translúcidos e gessados realizou-se teste de comparação das médias, sendo os resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Composição química (em base seca) e valor energético dos grãos de arroz translúcidos e gessados.

Tratamentos % grão gessados (m/m)	Composição química ¹ g (100 g) ⁻¹					Valor energético kcal (100 g) ⁻¹
	Umidade	Cinzas	Lipídeos	Proteínas	Carboidratos	
0	10,59 ^a ±	0,32 ^a ±	0,29 ^a ±	7,09 ^a ±	88,56 ^a ±	385,25 ^a ±
	0,53	0,02	0,07	0,47	2,20	8,88
100	9,56 ^b ±	0,35 ^a ±	0,39 ^a ±	8,14 ^a ±	94,68 ^a ±	414,84 ^a ±
	0,53	0,01	0,03	0,21	6,01	24,63

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes (mesma coluna), diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P \leq 0,05$)

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) quanto ao teor de umidade entre as amostras com 0% e 100% de grãos gessados. Os grãos de arroz gessados apresentaram teores de umidade aproximadamente 10,8% inferiores aos grãos translúcidos, que podem estar relacionados à alterações ocorridas durante a fase de amadurecimento dos grãos, em que o gessamento dos grãos pode ter sido ocasionado por exposição à altas temperaturas nesse período.

Ishimaru et al. (2009) detectaram por ressonância magnética que a exposição de plantas de arroz à altas temperaturas causaram o rápido declínio do conteúdo de água no centro do endosperma durante a fase de amadurecimento, que afetou o desenvolvimento dos amiloplastos nessa região. A distribuição do gessamento em torno do centro do endosperma coincidiu com a distribuição das áreas de baixo conteúdo de água que tinham sido detectadas nas imagens das cariopses. Entretanto, segundo os autores, pesquisas relacionadas à expressão gênica dos grãos gessados são necessárias para esclarecer a relação entre o declínio rápido da água e o desenvolvimento desorganizado dos amiloplastos.

Além disso, o conteúdo inferior de água no endosperma do grão, durante a fase de amadurecimento sob altas temperaturas, provavelmente, afeta o desenvolvimento dos

grânulos de amido. Conforme Ishimaru et al. (2009) o estresse causado pela temperatura elevada pode alterar a expressão de genes e proteínas relacionadas à síntese do amido, que pode ser a causa do gessamento do grão.

O teor de cinzas observado para as amostras com 0% de grãos gessados foi em média de $0,32 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e $0,35 \text{ g (100 g)}^{-1}$ para o tratamento com 100% de grãos gessados. O teor de cinzas nos grãos de arroz é dependente da cultivar, do manejo, do clima e da localização geográfica da cultura do arroz (JENNINGS; COFFMAN; KAUFFMAN, 1979). Como as amostras são originadas do mesmo sistema de cultivo e da mesma região, obtiveram assim resultados semelhantes ($p > 0,05$).

Nos grãos translúcidos e gessados o teor de proteínas determinado foi em média de 7,09% e 8,14%, respectivamente, não diferindo significativamente entre si ($p > 0,05$).

Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), ao avaliar grãos translúcidos e gessados de três cultivares, Amaroo, Millin e Illabong, não obtiveram diferenças significativas quanto ao teor de proteínas entre os grãos translúcidos e gessados, fato também observado neste trabalho.

No entanto, Qi-hua et al. (2009), em pesquisa com grãos gessados e translúcidos das variedades de arroz índica Zhaiyeqing 8 e Gangyou 527, encontraram diferenças significativas entre o teor de proteínas dos grãos gessados e translúcidos para uma das variedades. O teor de proteína dos grãos gessados foi 3,25% inferior aos grãos translúcidos. Segundo os autores, as causas dessas variações podem estar relacionadas às posições dos grãos na panícula durante a fase de enchimento, resultando em diferentes respostas das variedades de arroz.

Conforme Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), geralmente os grãos na parte inferior da panícula apresentam maior quantidade de grãos gessados, seguido por aqueles na parte do meio, e os grãos da parte superior da panícula possuem menor taxa de grãos gessados. O que indica que, grãos em posições diferentes na panícula durante a fase de enchimento, provavelmente, apresentam grau de gessamento e formação dos amiloplastos diferenciados.

Os grãos translúcidos apresentaram em média 0,29% de lipídeos e os gessados apresentaram 0,39%, sendo que não houve diferenças significativas entre si ($p > 0,05$). A concentração de lipídeos no arroz branco polido é muito baixa, em geral menor que 1%. O grão integral pode conter cerca de 3%, visto que cerca de 80% dos lipídeos do grão se encontram em suas camadas periféricas, incluindo o germe, que são eliminados no processo de beneficiamento do grão (CASTRO et al., 1999).

A remoção das camadas periféricas e do germe, durante o polimento do grão integral, provoca perdas consideráveis de certos nutrientes. Aproximadamente 80% dos lipídeos e da

vitamina B1, tiamina, até quase 70% da fibra são removidos na produção do arroz polido a partir do integral (LAM-SÁNCHEZ et al., 1993).

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) quanto aos teores de carboidratos, sendo que para os grãos translúcidos os teores médios foram de 88,56% e 94,68% para os grãos gessados.

Observa-se que os carboidratos são os principais constituintes do arroz, sendo que quase a totalidade dos carboidratos do arroz é representada pelo amido, contido no endosperma do grão (NAVES, 2007). Entretanto, nos grãos gessados esse teor de amido pode sofrer alterações devido ao processo de gessamento. Conforme Ishimaru et al. (2009), o estresse causado pela temperatura elevada pode alterar a expressão de genes e proteínas relacionadas à síntese do amido.

Os grãos translúcidos apresentam valor energético de 385,25 kcal e os grãos gessados de 414,84 kcal, sendo que não houve diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$). Resultado que pode ser justificado por não ter ocorrido diferenças significativas quanto aos outros componentes que contribuem para o valor energético.

5.2.2 Composição química e valor energético do arroz com porcentagens de grãos gessados

Para observar a influência da substituição dos grãos translúcidos por grãos gessados na composição química e valor energético do arroz, realizou-se análise de regressão entre os tratamentos com 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de grãos gessados. Os valores médios e desvios-padrão estão apresentados na Tabela 8, bem como seus modelos de regressão e coeficientes de determinação.

O modelo para o teor de umidade foi significativo ($p = 0,0013$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,878, coeficiente de variação (CV) de 3,14% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,499$). O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice A1). Para melhor visualização do resultado está apresentado no gráfico da Figura 24. Observa-se que o teor de umidade dos grãos diminuiu com o aumento da porcentagem de gessados em substituição aos grãos translúcidos.

Como as diferenças de umidade entre os grãos, provavelmente, foram ocasionadas pela exposição à altas temperaturas durante a fase de amadurecimento, o aumento da quantidade de grãos gessados no arroz indica que ocorreram alterações causadas pelo estresse nessa condições, resultando na diminuição do teor de água no grão.

Tabela 8. Composição química (em base seca) e valor energético dos tratamentos, com respectivos modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), em função das porcentagens de grãos de arroz gessados.

Composição química ¹ g (100 g) ⁻¹	Tratamentos % grãos gessados (m/m)						Modelo	R ²
	0	2	4	6	8	10		
Umidade	10,59 ± 0,53	10,27 ± 0,56	10,29 ± 0,24	9,97 ± 0,18	9,57 ± 0,59	9,73 ± 0,37	y = 10,5539 - 0,0966x	0,878
Cinzas	0,32 ± 0,02	0,32 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,34 ± 0,01	y = 0,3146 + 0,0024x	0,987
Proteínas	7,09 ± 0,47	7,25 ± 0,37	7,37 ± 0,19	7,45 ± 0,31	7,11 ± 0,32	7,45 ± 0,14	ns*	0,229
Lipídeos	0,29 ± 0,07	0,34 ± 0,07	0,34 ± 0,01	0,29 ± 0,05	0,30 ± 0,08	0,36 ± 0,09	ns	0,076
Carboidratos	88,56 ± 2,20	91,98 ± 8,40	93,09 ± 6,69	91,71 ± 7,09	87,09 ± 10,09	89,92 ± 3,65	ns	0,047
Valor energético kcal (100 g)⁻¹	385,25 ± 8,88	399,97 ± 32,09	404,92 ± 26,06	399,20 ± 27,24	379,52 ± 39,92	392,7 ± 13,80	ns	0,027

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão;

y = resposta; x = porcentagem de grãos de arroz gessados (%);

* ns = Não significativo;

Os teores de umidade determinados por Severo, Moraes e Ruiz (2010), em estudo de modificação enzimática da farinha de arroz, aproximaram-se dos valores encontrados nos grãos translúcidos e nos tratamentos com menores porcentagens de gessados (até nível de 4%), sendo de 10,54% de umidade para a farinha de arroz crua.

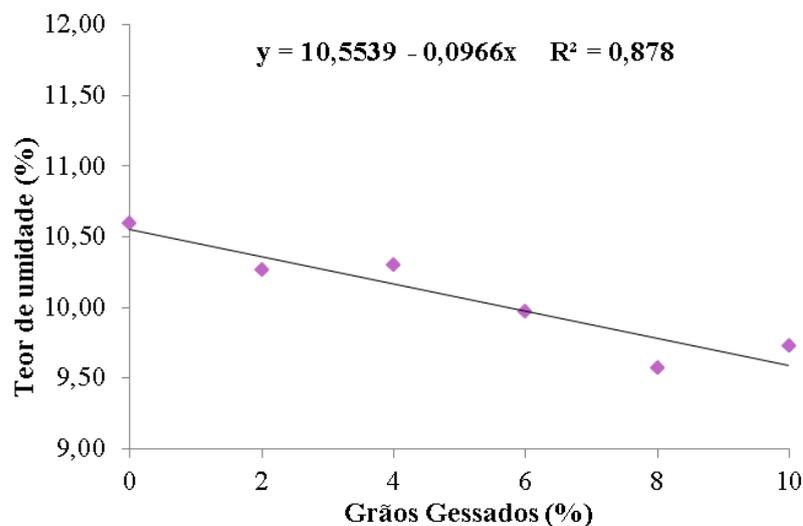


Figura 24. Teor de umidade (%) do arroz em função das substituições dos grãos de arroz translúcidos por gessados.

Os valores de umidade determinados também foram coerentes aos valores encontrados por Zanão et al. (2009), no estudo do efeito da irradiação gama no arroz, sendo em média de 10,97% para o arroz cru sem irradiação.

O modelo para o teor de cinzas foi significativo ($p = 0,0297$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,987, coeficiente de variação (CV) de 4,13% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,993$), observado no gráfico da Figura 25. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice A2). Verifica-se que o teor de cinzas no arroz foi influenciado pelo acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos. Esse fato pode ter sido causado pelas mudanças ocorridas no grão gessado durante a fase de amadurecimento, como alterações na formação do amido, na expressão de genes (ISHIMARU et al., 2009) e, provavelmente, na síntese de minerais. Segundo Qi-hua et al. (2009), o fornecimento insuficiente dos produtos fotossintéticos na fase de enchimento dos grãos, pode ter resultado em diferentes respostas encontradas no grão gessado. Soave et al. (1995) afirmaram que a temperatura afeta a velocidade de acúmulo e propriedades do amido, durante o desenvolvimento do grão.

Segundo Yamakawa et al. (2007), para as causas fisiológicas do gessamento existem hipóteses de ser um fornecimento insuficiente de nutrientes para o desenvolvimento de endosperma, redução da capacidade de sintetizar amido no endosperma e a degradação do amido por α -amilase durante o amadurecimento do grão.

Os valores encontrados para o teor de cinzas, são 18,6% superiores e 6,25% inferiores aos teores obtidos por Clerici e El-Dash (2008), nas farinhas de arroz branco cruas, em estudo com farinhas de arroz pré-gelatinizadas, e Zanão et al. (2009), de 0,27 e 0,34 g (100 g)⁻¹, respectivamente. Walter, Marchezan e Avila (2008) relataram valores em média de 0,30% de cinzas para o arroz branco polido, que estão de acordo com os valores encontrados em todos os tratamentos.

Os teores de cinzas encontrados por Severo; Moraes e Ruiz (2010) e Maia et al. (2000) em farinha de arroz, em média de 0,69 e 0,75, respectivamente, foram mais de duas vezes superiores aos teores de cinzas dos grãos translúcidos e gessados, que podem ter se diferenciado pelas cultivares analisadas.

O teor de proteínas não apresentou modelo significativo ($p = 0,3698$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,229, coeficiente de variação (CV) de 4,43% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,478$). O modelo quadrático também não foi significativo (Apêndice A3). O que indica que, a porcentagem proteica do arroz não se altera com o acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos. Os valores de proteína encontrados para os

tratamentos com acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos apresentaram-se na média variando de 7,09 a 7,45%.

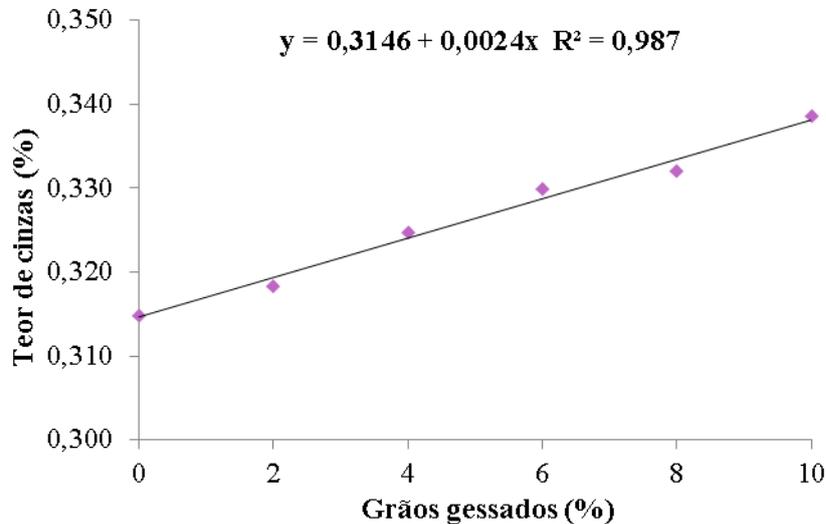


Figura 25. Teor de cinzas (%) do arroz em função das substituições dos grãos de arroz translúcidos por grãos gessados.

Os teores de proteínas determinados estão de acordo com Walter, Marchezan e Ávila (2008), que afirmaram que a concentração de proteína no grão de arroz é, em geral, próxima de 7%, com pequenas diferenças entre o arroz polido e integral.

A média de proteína determinada nesse estudo foi aproximadamente 12% inferior à média encontrada por Becker (2010), ao analisar farinhas de arroz cruas das cultivares, IRGA 417, BRS Primavera e a linhagem CNA 8502, sendo de 8,52% para a cultivar de arroz irrigado IRGA 417. Vale ressaltar que a cultivar IRGA 417 originou a cultivar Puitá INTA CL, avaliada nessa pesquisa, sendo a última desenvolvida por processo de mutagênese.

Os teores de proteínas determinados estão coerentes aos valores apresentados por Naves (2007) em média de 7,5%, que relatou que o conteúdo protéico do arroz (grão cru) pode oscilar entre 5 e 13%, dependendo das diferenças varietais. Também estão bem próximos aos valores de 7,56% determinados por Clerici e El-Dash (2008) e de 7,74% determinados por Severo, Moraes e Ruiz (2010).

As variações nos teores de proteína no arroz ocorrem devido às diferenças entre cultivares e podem também ser influenciadas pelo ambiente. Altos níveis de radiação solar, durante o período de maturação, diminuem o teor de proteína do grão e, sob condições tropicais, esse teor é geralmente menor na temporada seca. Além disso, o conteúdo protéico

também pode ser influenciado pelo tipo de fertilizante aplicado, estágio de maturação do grão e pelo grau de polimento no beneficiamento (BASSINELLO; NAVES, 2006).

Para o teor de lipídeos o modelo não foi significativo ($p = 0,5670$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,076, coeficiente de variação (CV) de 16,50% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,307$). O modelo quadrático também não foi significativo (Apêndice A4). Portanto, observa-se que o teor de lipídeos não é alterado com o acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos no arroz. Dessa forma, pode-se inferir que os grãos gessados apresentam teores de lipídeos semelhantes aos grãos translúcidos, conforme os dados apresentados na Tabela 7.

Os teores de lipídeos dos tratamentos com porcentagens de grãos gessados variaram de 0,29 a 0,36%. Os valores determinados estão de acordo com os teores de 0,38% encontrados por Wang et al. (2000), no estudo com mingaus desidratados de arroz e soja; 0,34% encontrados por Becker (2010); e 0,36% encontrados por Garcia (2009), no estudo com arroz de terras altas. Porém, os valores encontrados foram mais de 60% superiores aos valores determinados por Tavares et al. (2010), no estudo com farinhas de arroz submetidas à torração, sendo de 0,20% para a farinha de arroz crua da cultivar IRGA 417.

Para o teor de carboidratos o modelo não foi significativo ($p = 0,7276$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,047, coeficiente de variação (CV) de 5,92% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,637$), e o modelo quadrático também não foi significativo (Apêndice A5). O que evidencia que o teor de carboidratos não sofreu influência com o aumento da porcentagem de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos no arroz. Os valores dos tratamentos com porcentagens de gessados para carboidratos permaneceram entre 87,09% e 93,09%.

Os valores médios de carboidratos encontrados estão próximos aos valores de 87,44% em farinhas de arroz determinados por Fonseca (2009), no estudo com arroz parboilizado. Porém, os valores encontrados foram em média 13% superiores aos valores de 78,97%, determinados por Clerici e El-Dash (2008) e 76,90% determinados por Tavares (2010).

Para o valor energético dos tratamentos, o modelo não foi significativo ($p = 0,7693$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,027, coeficiente de variação (CV) 5,20% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,537$), assim como o modelo quadrático que não foi significativo (Apêndice A6). Como os teores de lipídeos, proteínas e carboidratos não apresentaram diferenças significativas entre os grãos gessados e translúcidos, o valor energético também manteve-se semelhante para os grãos gessados e translúcidos. Portanto, o valor energético não foi influenciado pelo aumento do teor de grãos gessados no arroz.

O valor energético dos tratamentos com porcentagens de grãos gessados variou entre 379,52 a 404,92 kcal. Todos os valores energéticos determinados foram superiores aos valores relatados por Naves (2007), de 364 kcal para amostras de arroz branco polido, de cultivar não identificada.

5.3 TEOR DE AMILOSE

A determinação do teor de amilose serve como indicador do comportamento do arroz ao ser cozido e processado (JULIANO, 1985). Como o teor de amilose é o principal fator que influencia a qualidade de cocção e sensorial do arroz polido, grande empenho vem sendo direcionado para o desenvolvimento de métodos de identificação e quantificação de amilose (PEREIRA et al., 2009).

A curva de calibração, que está apresentada na Figura 26, foi construída para determinar o teor de amilose das amostras controles e serviu como referência para os teores de amilose das amostras avaliadas. As cultivares utilizadas como controle foram Bengal (Teor de amilose baixo), Lemont (Teor de amilose intermediário) e Dixibelle (Teor de amilose alto).

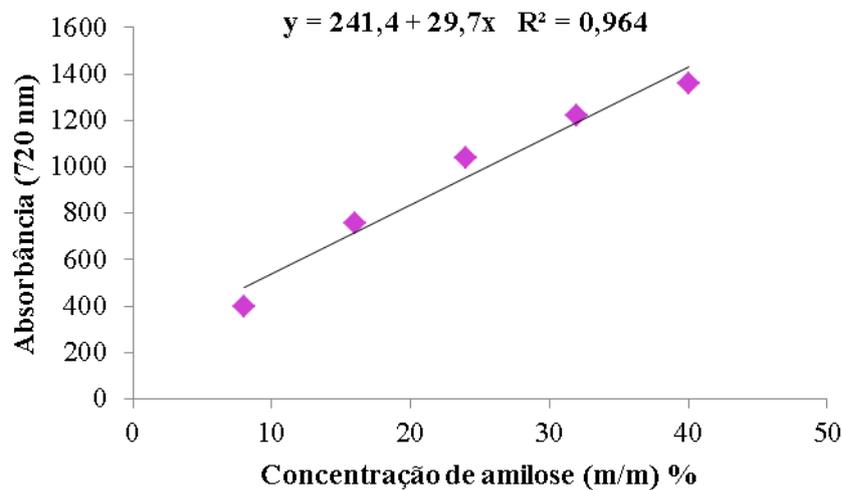


Figura 26. Curva padrão do teor de amilose aparente.

5.3.1 Teor de amilose dos grãos de arroz translúcidos e gessados

Conforme apresentado na Tabela 9, nota-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) quanto ao teor de amilose entre as amostras com 0% e 100% de grãos gessados, apresentando em média 25,98 e 25,05% de amilose, respectivamente.

Quanto a classificação do arroz em relação ao teor de amilose (MARTINÉZ; CUEVAS, 1989), os grãos translúcidos e gessados avaliados neste trabalho podem ser classificados como teores intermediários de amilose. Grãos de arroz com teores intermediários apresentam entre 23 e 27% de amilose.

O teor de amilose intermediário encontrado é o desejado, pois indica características ideais para pegajosidade e textura, apresentando grãos cozidos soltos e macios (Martínéz; Cuevas, 1989). O aspecto dos grãos após o cozimento depende da concentração de amilose presente no amido. Cultivares com baixo teor de amilose, cozimento aguado, dando-se preferência para aquelas com teores intermediários. A textura e aparência do arroz após cozimento são características que praticamente definem a aceitabilidade de uma nova cultivar (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

O arroz com alto teor de amilose e com amilopectina de cadeia mais longa, tende a apresentar propriedades de cozimento com textura mais dura. O arroz com conteúdo baixo de amilose e com amilopectina de cadeia mais curta tende a apresentar textura mais macia após o cozimento (GONZALEZ; LIVORE; PONS, 2004).

Tabela 9. Teor de amilose dos grãos de arroz translúcidos e gessados.

Tratamentos % grãos gessados (m/m)	Teor de amilose (%) ¹
0	25,98 ^a ± 0,89
100	25,05 ^a ± 0,75

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras iguais (mesma coluna), não diferem significativamente pelo Teste t de *Student* ($P > 0,05$)

Diversos autores relatam teor de amilose inferiores em grãos gessados, como consequência das altas temperaturas durante o enchimento do grão que resultaram em seu gessamento. Segundo Soave et al. (1995), o ambiente modifica parcialmente e de maneira pouco conhecida, o conteúdo de amilose. A temperatura, durante o desenvolvimento do grão, afeta a velocidade de acúmulo e propriedades do amido. Quando a temperatura está elevada, reduz o teor de amilose e, quando está baixa causa efeito oposto. A amilose acompanha a

alteração do amido, podendo oscilar até em 6%, para a mesma variedade, de um período de semeadura a outro ou em ambientes distintos.

Patindol e Wang (2003), ao avaliarem as propriedades físico-químicas das cultivares de arroz Gohang, IR65, IR75, e UPLRi7, encontraram teores de amilose para os grãos gessados inferiores aos grãos translúcidos nas seis cultivares analisadas no estudo, chegando a quantificar teores de amilose quase duas vezes inferiores para os grãos gessados. Kim et al. (2000) também encontraram em grãos gessados teores de amilose, aproximadamente, 10% inferiores aos grãos translúcidos. Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), encontraram teores de amilose em grãos gessados inferiores aos grãos translúcidos, e teores de amilose inferiores tanto para grãos translúcidos quanto gessados, que se desenvolveram sob temperaturas de 38/21 °C (diurna/noturna), em relação aos grãos translúcidos e gessados desenvolvidos em temperaturas de 26/15°C (diurna/noturna).

Os teores de amilose determinados para as amostras com 100% de gessados estão próximos ao teor de 24,5% encontrados por Cheng et al. (2005) para grãos gessados de arroz da variedade indica. Mas, são superiores aos determinados por Kim et al. (2000), que encontraram teor de 18,1% de amilose para grãos gessados da cultivar Odae.

Cooper, Siebenmorgen e Counce (2008), ao avaliarem o efeito da temperatura durante o desenvolvimento do arroz, não observaram efeito significativo na variação do teor de amilose do arroz em temperaturas noturnas elevadas.

Qi-Hua et al. (2009) afirmaram que, provavelmente, o teor de amilose do arroz pode estar associado à posição dos grãos na panícula. Grãos na parte superior da panícula geralmente têm maior teor de amilose do que aqueles na parte inferior da panícula. Visto que, conforme Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), geralmente os grãos na parte inferior da panícula apresentam maior quantidade de grãos gessados, do que os grãos na parte superior. Segundo os autores, são necessárias pesquisas futuras para esclarecer as variações no conteúdo de amilose em diferentes temperaturas de crescimento do grão.

5.3.2 Teor de amilose do arroz com porcentagens de grãos gessados

Para verificar a influência da substituição dos grãos translúcidos por grãos gessados no teor de amilose do arroz, realizou-se análise de regressão entre os tratamentos com 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de gessados. O teor de amilose não apresentou modelo significativo ($p = 0,0870$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,600, coeficiente de variação (CV) de 3,35% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,525$). O modelo quadrático também não foi significativo (Apêndice B). Os valores médios e desvios-padrão estão apresentados na Tabela 10.

Observa-se que o teor de amilose não foi influenciado pelo aumento da quantidade de grãos gessados no arroz. Os tratamentos com diferentes porcentagens de grãos gessados apresentaram teores de amilose variando de 24,47 a 25,98%, classificados como teores intermediários de amilose. Os resultados indicam que a variação de 2 a 10% de gessados não influenciou nos teores de amilose dos grãos.

Tabela 10. Médias e desvios-padrão do teor de amilose (%) dos tratamentos em função do acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos.

	Tratamentos % grãos gessados (m/m)						p	R ²	CV (%)
	0	2	4	6	8	10			
Teor de amilose (%) ¹	25,98 ± 0,89	25,70 ± 0,95	24,99 ± 0,77	25,42 ± 1,09	25,48 ± 0,75	24,47 ± 0,50	0,087	0,600	3,35

¹Valores correspondem à média ± desvio-padrão;

Os teores de amilose encontrados para os grãos translúcidos e gessados estão de acordo com o teor de 25% determinados por Gonzalez, Livore e Pons (2004) para a variedade IRGA e 25,63% encontrados por Becker (2010) para a cultivar IRGA 417. Entretanto, estão superiores ao teor de 18,4% determinados por Zanão et al. (2009) em cultivar não identificada, considerados teor de amilose baixo, caracterizando grãos bem macios após cozidos.

Os teores de amilose determinados foram inferiores aos encontrados por Zavareze et al. (2009), de 31,62% para a cultivar IRGA 417 e 30,16% determinado por Tavares (2010) para a cultivar IRGA 417, caracterizando-o como arroz de teor de amilose alto, apresentando grãos mais secos e mais soltos após cozidos (ELIAS et al., 2003). Além disso, Zavareze et al. (2009) também determinaram teor de 23,40% para a cultivar Sasanishiki, apresentando características semelhantes aos avaliados nesse estudo, de grãos intermediários.

É importante ressaltar que os diversos dados existentes sobre o conteúdo de amilose das várias cultivares de arroz existentes no mundo, apresentam os valores de teor de amilose “aparente” (JULIANO, 1985), ou seja, sem considerar a interferência do complexo iodo-amilopectina na análise, o que acarreta uma dúvida sobre o método mais adequado a um programa de melhoramento genético de arroz. Dessa forma, os valores obtidos são de certo modo superestimados (FRANCO et al., 2001).

5.4 PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO

5.4.1 Perfil viscoamilográfico dos grãos translúcidos e gessados

Avaliou-se o perfil viscoamilográfico das amostras com 0 e 100% de grãos gessados por meio de teste para comparação das médias, apresentadas na Tabela 11.

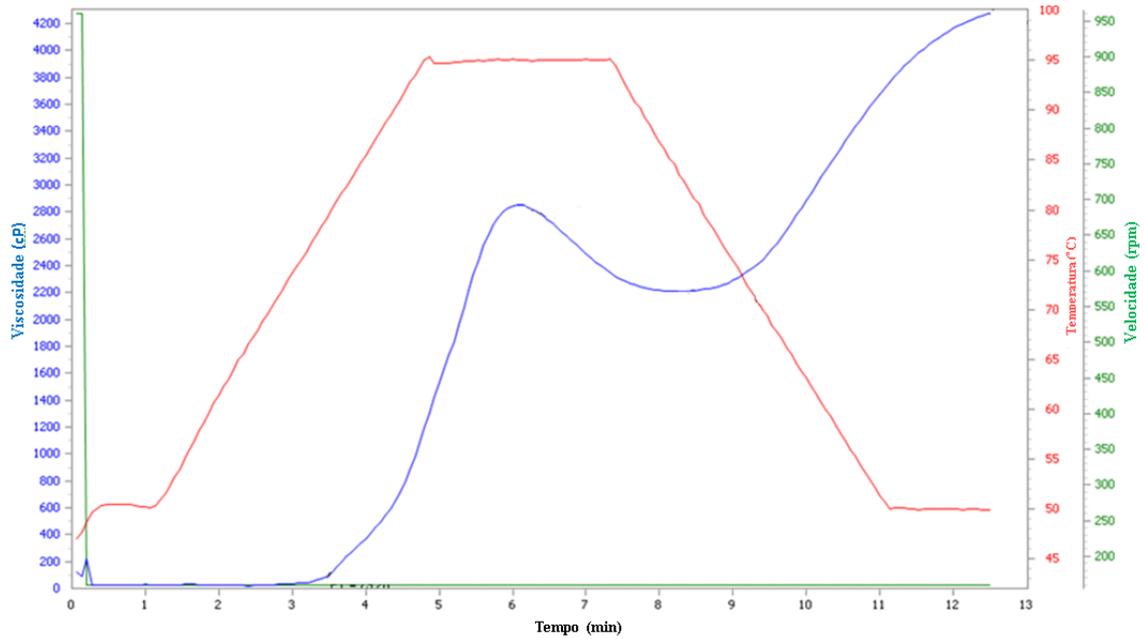
Tabela 11. Pico de viscosidade, quebra de viscosidade, viscosidade final, tendência à retrogradação, tempo de pico e temperatura de pasta dos grãos de arroz translúcidos e gessados.

Tratamentos % grãos gessados (m/m)	Análise viscoamilográfica ¹					
	Pico de viscosidade (cP)	Quebra de viscosidade (cP)	Viscosidade final (cP)	Tendência à retrogradação (cP)	Tempo de pico (min)	Temperatura de pasta (°C)
0	2812,22 ^a ± 13,00	849,34 ^a ± 66,53	4247,56 ^a ± 70,47	1435,33 ^a ± 73,37	5,93 ^a ± 0,034	78,66 ^a ± 0,28
100	1555,22 ^b ± 208,57	544,44 ^b ± 60,01	2233,45 ^b ± 315,18	678,22 ^b ± 132,66	5,69 ^a ± 0,12	80,36 ^a ± 2,18

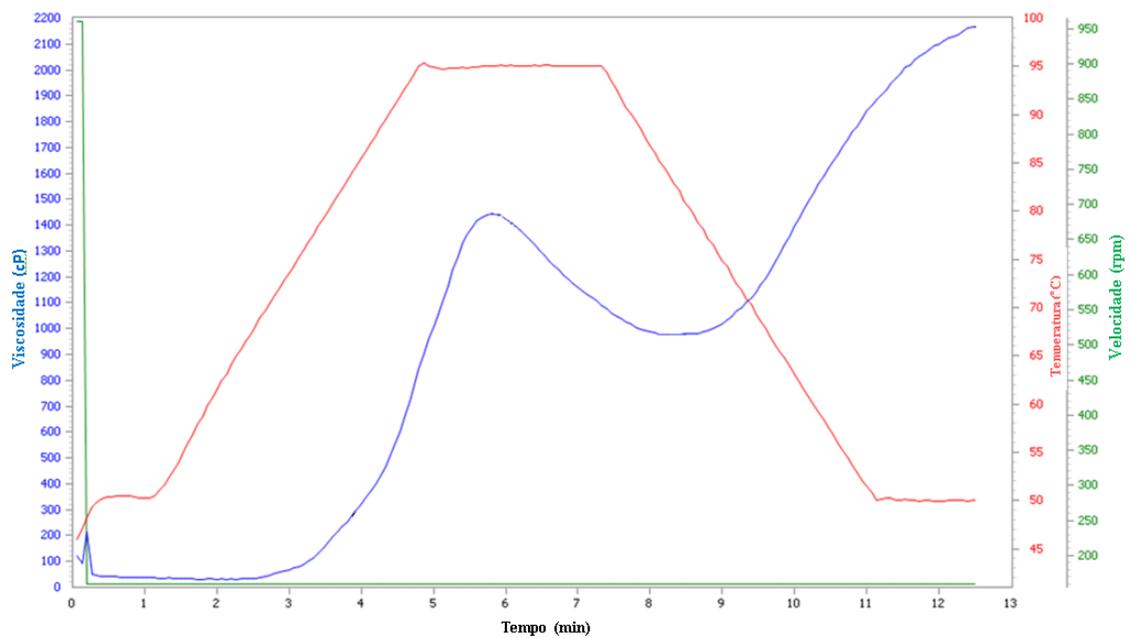
¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes (mesma coluna), diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P \leq 0,05$)

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) quanto aos parâmetros pico de viscosidade, quebra de viscosidade (*Breakdown*), viscosidade final e tendência à retrogradação (*Setback*) entre as amostras com 0 e 100% de grãos gessados. Para esses parâmetros, o tratamento composto somente com grãos translúcidos (0% gessado) apresentou valores bem superiores aos encontrados para o tratamento com 100% de grãos gessados.

Os parâmetros tempo de pico (min) e temperatura da pasta (°C) dos tratamentos com 0% e 100% de gessados não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$). Os gráficos do perfil viscoamilográfico dos grãos translúcidos e gessados estão apresentados na Figura 27 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 27. Curvas viscoamlográficas dos grãos de arroz translúcidos (a) e gessados (b).

Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), ao avaliar grãos translúcidos e gessados de três cultivares, Amaro, Millin e Illabong, verificaram que os grãos que se desenvolveram na parte inferior da panícula, onde encontrou-se maiores porcentagens de gessados, apresentaram valores de propriedades de pasta inferiores aos grãos da parte superior da panícula.

Entretanto, Cheng et al. (2005), no estudo de seis cultivares da variedade indica, Zhou 903, Jiazao 935, Zhe 733, Jia 293, Zhefu 802 e Guanglu'ai 4, não observaram diferenças nas propriedades do RVA entre grãos translúcidos e gessados. Os autores afirmam que, como o perfil do RVA é geralmente utilizado como um dos indicadores indiretos para a qualidade culinária do arroz na avaliação sensorial, esses resultados podem indicar que a ocorrência de gessamento pode ter menor impacto na qualidade sensorial do que nas propriedades de cocção do arroz.

5.4.1.1 Pico de viscosidade

O aumento que ocorre na viscosidade durante o aquecimento da suspensão de farinhas amiláceas é devido ao inchamento dos grânulos de amido (ZHONG et al., 2009).

A formação de uma curva de viscosidade implica uma transição de polímeros semicristalinos e lipídeos complexados para polímeros gelatinizados e desnaturados (FITZGERALD et al., 2003). O aumento de viscosidade com a elevação da temperatura no ciclo de aquecimento ocorre pela perda parcial das pontes de hidrogênio que unem as frações presentes no amido, originando sítios hidrofílicos que se ligam às moléculas de água, aumentando a solubilidade do amido e a viscosidade a quente (ASCHIERI; CARVALHO, 2006).

O pico de viscosidade, que representa o valor de viscosidade máxima atingida pela pasta de arroz durante o ciclo de aquecimento, as amostras de grãos translúcidos apresentaram valores 80% superiores, em relação às amostras de grãos gessados, sendo de 2812,22 e 1555,22 cP, respectivamente.

Qi-hua et al. (2009), em pesquisa com grãos gessados e translúcidos das variedades de arroz indica Zhaiyeqing 8 e Gangyou 527, também encontraram resultados de pico de viscosidade superiores para os grãos translúcidos, sendo de 2811,96 cP (234,33 RVU) e para os gessados valores de 2742,00 cP (228,50 RVU). Observa-se que os valor determinado por esses autores para os grãos translúcidos é bem próximo ao encontrado nesse trabalho, apresentando diferença de apenas 0,26 cP.

Entretanto, Patindol e Wang (2003) ao avaliarem as propriedades físico-químicas das cultivares de arroz Gohang, IR65, IR75, e UPLRi7 encontraram valores de pico de viscosidade aproximadamente 5,8% superiores para os grãos gessados, sendo de 3972 cP (331 RVU) e 3756 cP (313 RVU) para os translúcidos. Valores estes que foram em média 40% superiores aos determinados neste estudo.

O pico de viscosidade ocorre após o início do aquecimento e antes do início do resfriamento da suspensão e é um parâmetro que mede a resistência do grânulo de amido ao colapso resultante da temperatura e do atrito mecânico. Durante o ciclo de aquecimento até 95 °C, ocorre o intumescimento e a gelatinização dos grânulos de amido, atingindo o pico máximo nesta etapa. Assim, uma parte dos grânulos de amido conservam sua estrutura apresentando um pico no perfil amilográfico (GUHA; ALI; BHATTACHARYA, 1998), conforme observado na Figura 27 (a) e (b).

Durante a gelatinização ocorre um colapso da ordenação granular, durante a qual ocasionam mudanças irreversíveis nas propriedades como o inchamento dos grânulos, a fusão cristalina, a perda da birrefringência, o rompimento dos grânulos com a liberação da amilose e o aumento da viscosidade da suspensão (CHAMPAGNE et al., 1999). Conforme Ascheri et al. (2006a), se a estrutura cristalina do amido estiver parcial ou totalmente destruída, o perfil de viscosidade do material amiláceo poderá revelar ausência de pico e baixa viscosidade. Enquanto que, em grânulos de amido que conservaram parte da sua integridade, observa-se no perfil de viscosidade, valores relativamente altos de viscosidade máxima ou de pico.

Dessa forma, provavelmente, no arroz gessado parte dos grânulos de amido apresentaram perda de sua integridade e estrutura cristalina com o aumento da temperatura na fase de aquecimento, resultando em picos de viscosidade mais baixos. Kim et al. (2000), ao analisar a estrutura de grãos de arroz translúcidos e gessados com 3, 6 e 9 minutos de cocção, verificaram que aos 6 minutos de cocção, fase em que o Pico de viscosidade é atingido, as estruturas celulares dos gessados tornaram-se mais frágeis com pouca delimitação entre elas. Enquanto que, nos grãos translúcidos as células foram mantidas íntegras durante o aquecimento.

5.4.1.2 Quebra de viscosidade (*Breakdown*)

A depressão da curva viscoamilográfica durante o aquecimento a temperatura constante de 95 °C, caracterizada pela Quebra de Viscosidade, é causada pela ruptura dos grânulos intumescidos (ZHONG et al., 2009).

A quebra de viscosidade, que representa a diferença entre a viscosidade máxima no pico e a viscosidade mínima a 95 °C, relacionada à etapas de gelatinização dos grânulos de amido, para o tratamento com grãos translúcidos foi aproximadamente 50% superior ao valor encontrado para o arroz gessado, sendo de 849,34 cP e 544,44 cP, respectivamente. O que

indica que, os grãos translúcidos possuem estrutura de amido mais resistente ao rompimento, necessitando de mais água para o intumescimento máximo dos grânulos de amido.

Devido à diferença de energia requerida por grânulos de amido de diferentes tamanhos, tem-se uma faixa de temperatura de gelatinização, e não simplesmente uma temperatura de gelatinização, como referido rotineiramente, sendo esta propriedade característica de cada vegetal (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2005).

Os valores encontrados para as amostras de grãos translúcidos estão de acordo com o resultado determinado por Qi-hua et al. (2009) de 842,04 cP (70,17 RVU). O resultado encontrado por esses autores para os grãos gessados está aproximadamente 35% superior ao valor determinado neste estudo, sendo de 734,04 cP (61,17 RVU).

Porém, Patindol e Wang (2003) determinaram valores de *breakdown* aproximadamente 15% superiores para os grãos gessados, sendo de 1116 cP (93 RVU) e 972 cP (81 RVU) para os grãos translúcidos. Os autores encontraram para os grãos translúcidos valores 31,4% superiores e para os gessados valores 80% superiores aos determinados neste trabalho.

Pelos altos valores de *breakdown*, os grãos translúcidos provavelmente apresentam boa qualidade de cocção. De acordo com Zhou et al. (2002), o arroz com boa qualidade de cocção deve apresentar alto valor de *breakdown*, medido pela viscoamilografia.

Além disso, por sua maior resistência, os grãos translúcidos são mais adequados para utilização em produtos pré-cozidos. Segundo Teba, Ascheri e Carvalho (2009), essa propriedade permite avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas sob agitação mecânica, o que é importante na elaboração de alimentos pré-cozidos por indicar a capacidade do produto em se manter íntegro durante o cozimento.

5.4.1.3 Viscosidade final

A viscosidade final dos grãos translúcidos, valor de viscosidade obtido após resfriamento a 50 °C, foi quase o dobro do valor de viscosidade encontrado para os grãos gessados, sendo de 4247,56 cP e 2233,45 cP, respectivamente.

Patindol e Wang (2003) também determinaram valores de viscosidade final superiores para os grãos translúcidos. Porém, as médias apresentaram variações de apenas 4,5%, sendo de 4224 cP (352 RVU) para os grãos translúcidos e 4044 cP (337 RVU) para os gessados. Observa-se que os valores de viscosidade final dos grãos translúcidos determinados neste

trabalho estão de acordo com os valores encontrados por esses autores, apresentando uma diferença de 0,6%.

Entretanto, Qi-hua et al. (2009) encontraram valores de viscosidade final aproximadamente 2,7% superiores para os grãos gessados, sendo de 3673,56 cP (306,13 RVU), enquanto os grãos translúcidos apresentaram valores de 3576 cP (298 RVU).

Provavelmente, nos grãos translúcidos houve melhor re-estruturação das moléculas de amilose e amilopectina e proteínas, formando gel mais firme que os grãos gessados no resfriamento.

5.4.1.4 Tendência à retrogradação (*Setback*)

Durante o resfriamento da pasta de amido, o aumento da viscosidade é governado pela tendência à retrogradação (*Setback*), que é a diferença da viscosidade mínima a 95 °C, e a viscosidade final, permitindo avaliar seu comportamento durante a fase de resfriamento. A retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, decorrente do agrupamento das partes lineares das moléculas de amido pela formação de novas ligações de hidrogênio, resultando na formação de precipitados e géis (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002).

Segundo Hoover (2001), a associação das moléculas do amido propicia o desenvolvimento de uma rede tridimensional mantida coesa pelas áreas cristalinas. Essa rede é formada por grânulos de amido parcialmente inchados e componentes de amido em solução. A formação dessa rede durante o resfriamento resulta na formação de gel. Durante o processo de retrogradação há sempre liberação de moléculas de água anteriormente ligadas às cadeias de amilose, e esse fenômeno é denominado sinérese (GOESAERT et al., 2005).

Para as amostras de grãos translúcidos os valores de *setback* foram mais de duas vezes superiores às amostras com 100% de gessados, sendo de 1435,33 cP e 678,22 cP, respectivamente. O que indica que os grãos gessados apresentam menor retrogradação, devido aos baixos valores de *setback*, e conseqüentemente apresentam menor sinérese (liberação de água) após resfriamento (LIMBERGER et al., 2008).

Os valores determinados para os grãos translúcidos estão de acordo com os valores de *setback* determinados por Patindol e Wang (2003), de 1440 cP (120 RVU). Porém, para os grãos gessados, os valores encontrados por esses autores são aproximadamente 75% superiores aos determinados neste estudo, sendo de 1188 cP (99 RVU). Nota-se que os autores encontraram valores de *setback* superiores para os grãos translúcidos, assim como os resultados deste estudo.

Entretanto, Qi-hua et al. (2009) determinaram valores aproximadamente 22% superiores de *setback* para os grãos gessados, sendo de 931,56 cP (77,63 RVU) e 764,04 cP (63,67 RVU) para grãos translúcidos.

Devido à baixa retrogradação, os grãos de arroz gessados são adequados para utilização como ingredientes na produção de alimentos prontos para o consumo, refrigerados ou congelados, visando a diminuição da sinérese durante o armazenamento ou após o descongelamento. Sua aplicação em produtos que utilizam o amido, como molhos para salada, misturas para sobremesa a base de água ou leite, alimentos infantis instantâneos, entre outros, é interessante para a manutenção das características de qualidade do alimento, principalmente a textura e a consistência, devido à ocorrência de menor sinérese.

Segundo Lee et al. (2002), no processo de congelamento, a água presente no alimento transforma-se em cristais de gelo, muitas vezes resultando em estresse físico para a matriz estrutural do alimento. Quando o alimento é descongelado para o consumo, a água é facilmente exsudada da matriz, o que provoca uma perda geral da qualidade do alimento, principalmente com relação à perda da textura.

Em muitos alimentos congelados, o amido é usado como agente espessante e exerce a função de melhorar a consistência e a textura, devido às suas propriedades de pasta e capacidade de geleificação (WEBER; QUEIROZ; CHANG, 2008). Vários autores estudaram a ocorrência de sinérese devido à retrogradação e mudanças na textura de géis de amido que foram submetidos aos processos de congelamento e descongelamento. Baker e Rayas-Duarte (1998), em estudo da estabilidade do amido no congelamento e descongelamento do amaranto, milho, trigo e arroz, verificaram que os géis de amido de arroz submetidos à dois ciclos de congelamento e descongelamento apresentaram sinérese de 26%.

Clerici e El-Dash (2008) afirmaram que produtos como sopas e mingaus de preparo rápido sob aquecimento necessitam de ingredientes que apresentam baixa retrogradação durante o resfriamento. Dessa forma, uma aplicação para os grãos gessados seria a utilização como ingredientes para a elaboração desses produtos.

Uma das características favoráveis à utilização do arroz como ingrediente é o fato de ser um produto não alergênico podendo ser substituto do trigo, sendo recomendado na dieta de pessoas portadoras da doença celíaca, que se caracterizam pela intolerância do organismo à ingestão de glúten (NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

Segundo Ong e Blanshard (1995); Zhou et al. (2002), os valores de *setback* relacionam-se com a maior tendência a retrogradação, e provavelmente, valores mais altos também indicam textura do arroz cozido mais firme.

Como o tratamento com 0% de grão gessado apresentou maiores valores de viscosidade final e Tendência à retrogradação, pode-se indicar que os grãos translúcidos, provavelmente, se apresentam mais firmes após cocção. Além disso, os grãos gessados apresentaram valores menores de viscosidade final e *setback* devido, provavelmente, à degradação de suas estruturas moleculares que pode ter ocorrido no processo de cocção, ocasionando a redução da retrogradação e valores de Viscosidade Final mais baixos. Segundo Ascheri et al. (2006b), baixos valores de viscosidade final são obtidos quando ocorre degradação dos grânulos de amido e possíveis rompimentos de suas estruturas moleculares, que causam a perda da capacidade de retrogradação das mesmas e diminuem a viscosidade no resfriamento. Durante o resfriamento, as pastas de amido *in natura*, normalmente, tendem à retrogradação implicando no aumento da viscosidade final.

Uma das características dos produtos amiláceos, após o aquecimento e seguido da gelatinização e resfriamento dos grânulos, é o processo de retrogradação, onde, durante a determinação da viscosidade de pasta no viscoamilógrafo, o ciclo de resfriamento normalmente mostra a tendência à retrogradação por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina. Esse reagrupamento entre as frações de amilose e amilopectina confere, na maioria dos casos, um aumento na viscosidade final (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Como a retrogradação ocorre pela recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, os grãos gessados, possuindo baixos valores de *setback* devido à maior degradação de suas estruturas moleculares, possuem também reduzida capacidade de recristalização das suas moléculas.

Kim et al. (2000), ao analisarem a estrutura de grãos de arroz translúcidos e gessados, verificaram que aos 9 minutos de cocção, fase de tendência à retrogradação, nos grãos translúcidos as células se compactaram novamente e apresentavam-se bem alinhadas, enquanto que, nos grãos gessados o alinhamento das células não foi mais visível, apresentando-se de forma desordenada e descompactada.

5.4.1.5 Tempo de Pico (min)

Não houve diferença significativa entre as amostras com grãos translúcidos e gessados com relação ao tempo de pico, sendo de 5,93 e 5,69 min, respectivamente. Com isso observa-se que o tempo gasto para atingir a viscosidade máxima na fase de aquecimento foi semelhante para as duas amostras.

Os resultados encontrados estão de acordo com os valores determinados por Qi-hua et al. (2009), com variações de apenas 5,7 e 11,3% para grãos translúcidos e gessados,

respectivamente. Esses autores também não verificaram diferenças significativas entre os Tempos de Pico para grãos translúcidos e gessados, sendo de 6,27 e 6,33 minutos, respectivamente.

5.4.1.6 Temperatura de Pasta (°C)

A temperatura na qual os grânulos começam a inchar é denominada temperatura de pasta (MUCCILLO, 2009). Os valores de temperatura da pasta de grãos translúcidos e gessados não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$), sendo de 78,66 e 80,36 °C. Portanto, observa-se que durante a avaliação do perfil viscoamilográfico as temperaturas das amostras com grãos gessados e translúcidos permaneceram semelhantes.

Qi-hua et al. (2009) também não observaram diferenças significativas para a Temperatura de Pasta entre grãos translúcidos e gessados. Os valores de 80,80 °C e 79,95 °C, respectivamente, estão coerentes aos valores determinados no presente estudo, com variações pequenas de 2,14 e 0,41 °C.

Entretanto, Patindol e Wang (2003) encontraram diferenças significativas nas temperaturas de pasta dos grãos translúcidos e gessados, sendo os valores 2% superiores para os translúcidos, com temperatura de 81,2 °C para estes e 79,6 °C para o grãos gessados.

5.4.2 Perfil viscoamilográfico do arroz com porcentagens de grãos gessados

Para avaliação do perfil viscoamilográfico do arroz com o acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos realizou-se análise de regressão entre os tratamentos com 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de substituições. Os valores médios e desvios-padrão estão apresentados na Tabela 12, com os respectivos modelos de regressão e coeficientes de determinação.

Tabela 12. Perfil viscoamilográfico dos tratamentos, modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), em função das porcentagens de grãos de arroz gessados.

Perfil viscoamilográfico ¹	Tratamentos % grãos gessados (m/m)						Modelo	R^2
	0	2	4	6	8	10		
Pico de viscosidade (cP)	2812,22 ± 13,00	2761,33 ± 24,83	2727,44 ± 30,17	2700,56 ± 58,01	2645,22 ± 71,38	2579,00 ± 64,38	$y = 2814,390 - 22,019x$	0,979
Quebra de viscosidade (cP)	849,34 ± 66,53	726,22 ± 89,59	771,22 ± 83,24	883,78 ± 175,37	812,67 ± 80,86	801,89 ± 96,27	ns*	0,017
Viscosidade final (cP)	4247,56 ± 70,47	4146,44 ± 30,00	4105,89 ± 24,44	4055,22 ± 76,57	3961,22 ± 26,15	3912,00 ± 3,18	$y = 4234,541 - 32,630x$	0,985
Tendência à retrogradação (cP)	1435,33 ± 73,37	1385,11 ± 13,00	1378,44 ± 25,10	1354,67 ± 86,86	1316,00 ± 81,72	1333,00 ± 66,99	$y = 1420,146 - 10,611x$	0,872
Tempo de pico (min)	5,93 ± 0,034	5,97 ± 0,06	5,96 ± 0,04	5,84 ± 0,14	5,85 ± 0,06	5,84 ± 0,06	$y = 5,959 - 0,013x$	0,618
Temperatura de pasta (°C)	78,66 ± 0,28	78,71 ± 0,29	78,69 ± 0,33	78,51 ± 0,19	78,51 ± 0,21	78,61 ± 0,42	ns*	0,405

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão;

y = resposta; x = porcentagem de grãos de arroz gessados (%);

* ns = não significativo;

5.4.2.1 Pico de Viscosidade

A viscosidade máxima se caracteriza pelas transformações que ocorrem na estrutura granular do amido submetido ao processo de aquecimento como resultado da desorganização molecular, principalmente da amilose, que leva a um entumescimento total, gelatinização, dextrinização e absorção máxima de água pelos grânulos de amido (SILVA; ASCHERI, 2009).

Para o parâmetro Pico de viscosidade, o modelo foi significativo ($p = 0,0000$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,979, coeficiente de variação (CV) de 1,46% e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,861$), podendo ser utilizados para fins preditivos, conforme apresentado na Figura 28. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice C1).

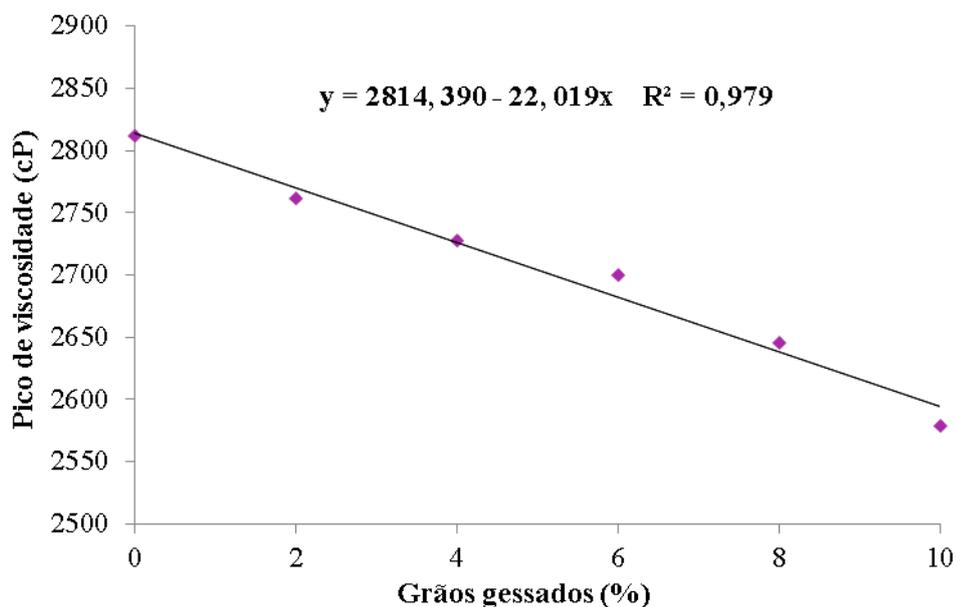


Figura 28. Pico de viscosidade (cP) dos tratamentos em função da porcentagem de grãos gessados na análise viscoamilográfica do arroz.

O alto valor de viscosidade máxima é atribuído à alta proporção de grânulos de amido que se encontram intactos, já que não foram submetidos à nenhum tipo de tratamento que implicasse na modificação da estrutura amilácea e, conseqüentemente, de suas características tecnológicas (SILVA; ASCHERI, 2009).

Observa-se que os valores de pico de viscosidade foram influenciados pela porcentagem de grãos gessados no arroz, sendo que com o aumento dos mesmos houve diminuição dos valores de viscosidade máxima (pico). Os valores menores de viscosidade de pico encontrados para os grãos gessados podem ser justificados pelas ligações cruzadas mais fracas entre as cadeias de amilose e amilopectina (LIMBERGER et al., 2008). Além disso, as

pastas de amido com maiores porcentagens de grãos gessados podem ter sofrido maior desestruturação cristalina com o aumento da temperatura durante a fase de aquecimento, resultando em menores valores de pico de viscosidade.

As curvas do perfil viscoamilográfico dos grãos translúcidos (tratamento 0%), gessados (tratamento 100%) e dos tratamentos com acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos estão apresentadas na Figura 29.

Nas curvas viscoamilográficas apresentadas, pode-se observar que os tratamentos com até 10% de grãos gessados apresentaram maiores Picos de viscosidade com formato mais agudo, o que, segundo Matuda, Pessoa-Filho e Tadini (2011), indica a presença de grânulos de amido com propriedades de inchamento e ruptura mais uniformes durante o tratamento hidrotérmico no RVA.

Além disso, a variação dos valores viscosidade máxima (Pico) entre os tratamentos indica que o acréscimo de grãos gessados no arroz, provavelmente, resultou em diferentes graus de gelatinização do amido.

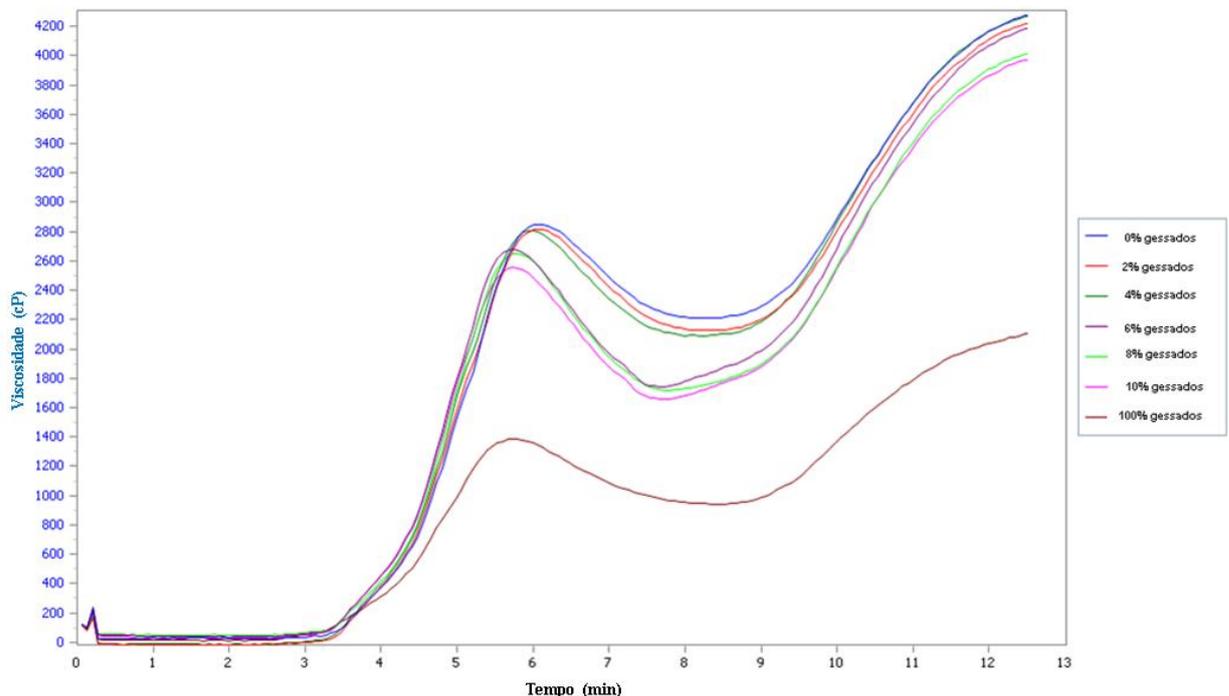


Figura 29. Curvas de perfil viscoamilográfico das amostras de grãos de arroz translúcidos, gessados e dos tratamentos com 2, 4, 6, 8 e 10% de substituições de grãos translúcidos por gessados.

5.4.2.2 Quebra de viscosidade (*Breakdown*)

Quanto à quebra de viscosidade, a porcentagem de grãos gessados não mostrou efeito significativo sobre esse parâmetro, com nível de significância $p = 0,7554$, coeficiente de determinação (R^2) de 0,0167, coeficiente de variação (CV) 10,78% e Falta de Ajuste não significativa (FA = 0,178), assim como no modelo quadrático que não foi significativo (Apêndice C2). Os valores para esse parâmetro variaram entre 726,22 e 883,78 cP entre os tratamentos com 0 a 10% de gessados.

Como apresentado na Tabela 11, as amostras com 100% de grãos gessados apresentaram valores de quebra de viscosidade 50% inferiores aos valores dos grãos translúcidos. Portanto, pode-se inferir que até o nível de 10% de grãos gessados no arroz não houve influência significativa nos valores de quebra de viscosidade, indicando que a resistência ao rompimento da estrutura do amido não foi afetada até esse nível.

Mas, em porcentagens superiores a quebra de viscosidade, provavelmente, pode ser influenciada pela quantidade de gessados presentes, sendo confirmada a diferença estatística quando avaliada a viscosidade das amostras compostas somente por grãos gessados e translúcidos. Como a quebra de viscosidade permite avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas (TEBA; ASCHERI; CARVALHO, 2009), esse fato indica que em porcentagens menores, níveis de até 10%, os gessados, assim como os grãos translúcidos, poderiam ser utilizados em produtos pré-cozidos. Já que, o arroz com porcentagens de até 10%, provavelmente, não iria sofrer alterações em sua resistência e integridade durante o cozimento.

5.4.2.3 Viscosidade Final

No momento da reorganização da estrutura molecular do amido na fase de resfriamento, existe a tendência de aumento da viscosidade devido à reaproximação das moléculas de amilose (SILVA; ASCHERI, 2009).

A viscosidade final apresentou modelo significativo ($p = 0,0000$) em função da porcentagem de grãos gessados, apresentado na Figura 30, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,985, coeficiente de variação (CV) de 0,92% e a Falta de Ajuste não foi significativa (FA = 0,531), sendo que não apresentou modelo quadrático significativo (Apêndice C3).

Observa-se que as pastas de arroz compostas por maiores teores de grãos gessados atingiram valores de viscosidade final proporcionalmente mais baixos que os tratamentos com porcentagem de grãos gessados menores. O que indica a diminuição da viscosidade Final com

o aumento dos grãos gessados no arroz, sendo sua diferença estatística evidenciada pelos valores 90% inferiores para o tratamento com 100% de grãos gessados (Tabela 11).

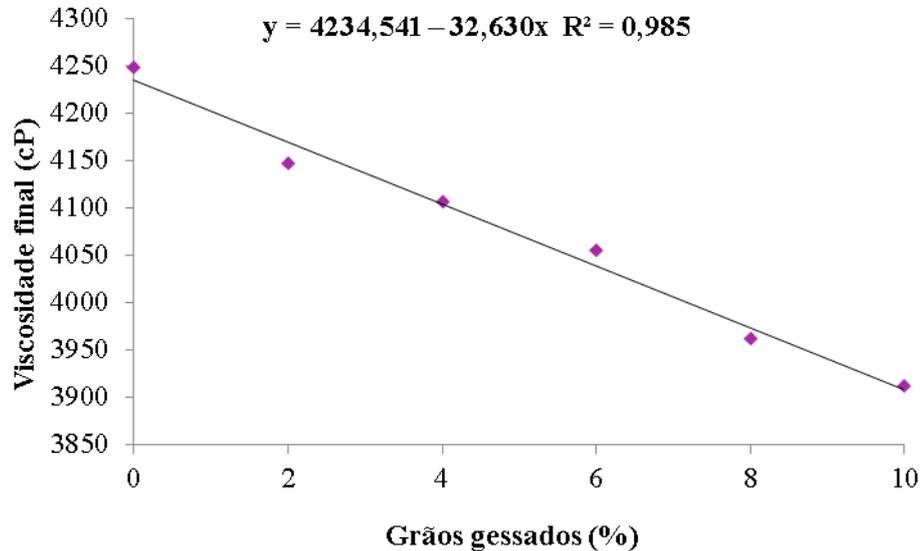


Figura 30. Viscosidade final (cP) da pasta em função da porcentagem de grãos gessados no arroz.

Os valores de viscosidade final foram influenciados pelos grãos gessados no arroz, indicando que, com o seu aumento formou-se um gel menos firme no resfriamento, com pouca re-estruturação das moléculas de amilose e amilopectina.

5.4.2.4 Tendência à Retrogradação (*Setback*)

Após o aquecimento, gelatinização e resfriamento do amido, uma das características de reconhecida importância na área de alimentação, principalmente em relação à textura do produto, é o processo de retrogradação, fenômeno que ocorre devido ao efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, resultando na reorganização da estrutura molecular e, conseqüentemente, no aumento da viscosidade durante o processo de resfriamento (SILVA; ASCHERI, 2009).

O parâmetro de tendência à retrogradação apresentou modelo significativo ($p = 0,0008$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,872 e coeficiente de variação (CV) de 2,37% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,623$), apresentado no gráfico da Figura 31. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice C4).

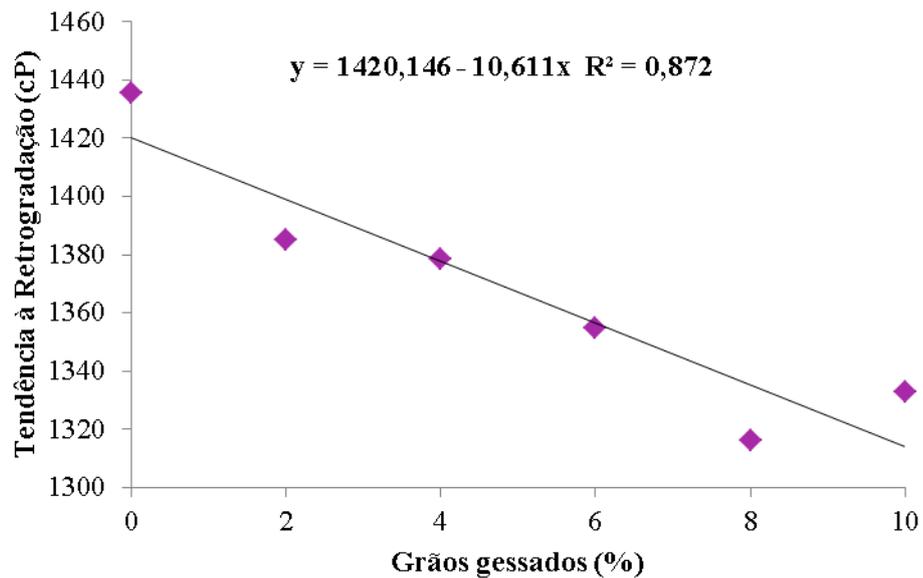


Figura 31. Tendência à Retrogradação (cP) do arroz em função da porcentagem de grãos gessados.

Nota-se que os valores de tendência à retrogradação foram influenciados pelos grãos gessados, sendo que com o acréscimo dos mesmos houve diminuição dos valores de *setback*. A tendência à retrogradação foi o parâmetro que apresentou valores com maiores diferenças entre grãos gessados e translúcidos, encontrando para gessados valores de viscosidade que representam 47% da viscosidade obtida para grãos translúcidos.

As microestruturas das moléculas de amido são afetadas durante o processamento térmico e os diferentes graus de viscosidade e propriedades de hidratação são atribuídos às mudanças de rigidez dos grânulos de amido (LAI, 2001). A grande variação entre os valores de *setback* dos grãos gessados e translúcidos indica que os grãos apresentam comportamentos bastante diferenciados durante a fase de resfriamento, com baixa retrogradação do amido, se apresentando mais macios após cocção.

Com o acréscimo dos grãos gessados no arroz, provavelmente, houve maior degradação de suas estruturas moleculares, com redução da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina e menor liberação de água caracterizada pela redução da sinérese.

Segundo Iturriaga; Mishima e Añon (2010), a elevada tendência à retrogradação é típica de amidos com alto teor de amilose pela maior facilidade dessa molécula em se reassociar com o resfriamento da pasta. Porém, no presente estudo não identificou-se diferenças significativas quanto aos teores de amilose entre os tratamentos avaliados. Dessa forma, o decréscimo encontrado nos valores de *setback* não está relacionado aos teores de

amilose das amostras, mas podem ter sido ocasionados pela maior fragilidade dos grânulos de amido dos grãos gessados, com reduzida capacidade de recristalização.

Além disso, Martin e Fitzgerald (2002), afirmam que apesar das características físico-químicas dos géis de amido e das propriedades de pasta serem em grande parte determinadas pela concentração de amido e da estrutura do grânulo, componentes das farinhas, tais como as proteínas e os lipídeos, também podem alterar as propriedades reológicas do amido cozido. As concentrações desses componentes afetam as propriedades de pasta por facilitarem ou não a formação de zonas de junção entre as moléculas, afetando assim a firmeza da mesma.

As proteínas podem contribuir para um menor pico de viscosidade e os lipídeos podem alterar a estrutura da pasta e, conseqüentemente, alterar as curvas de viscosidade e a textura dos géis formados por estas. Isso pode ocorrer devido à complexação da amilose com os lipídeos, impedindo assim que essa esteja disponível para a formação da pasta (FITZGERALD et al., 2003). Entretanto, não verificou-se nenhuma influência dos teores de proteínas e lipídeos nas propriedades de pasta neste estudo, visto que não houve diferença significativa nos teores desses componentes entre os tratamentos avaliados.

5.4.2.5 Tempo de Pico

O modelo para o tempo de pico foi significativo ($p = 0,0228$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,618, coeficiente de variação (CV) de 1,14% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,285$), observado no gráfico da Figura 32. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice C5). Os grãos gessados influenciaram os valores de tempo de pico, em que o aumento dos mesmos resultou em tempos de pico menores. Como visto anteriormente, os tratamentos com maiores porcentagens de grãos gessados apresentaram valores de viscosidade de pico inferiores, em que verifica-se que, nesses tratamentos o tempo gasto para atingir o pico de viscosidade na fase de aquecimento também foi inferior. Esse fato pode ser justificado pela maior desestruturação cristalina das células, além de menor resistência ao rompimento de sua estrutura (ASCHERI et al. 2006b).

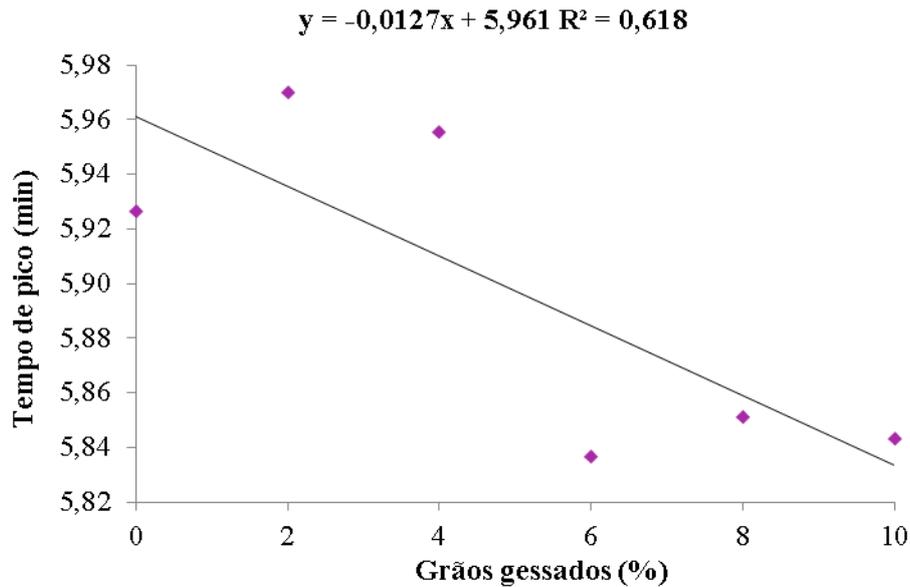


Figura 32. Valores de tempo de pico (min) do arroz em função da porcentagem de grãos gessados.

5.4.2.6 Temperatura de Pasta

O modelo não foi significativo para a temperatura da pasta ($p = 0,3126$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,405, coeficiente de variação (CV) de 0,27% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,671$), assim como o modelo quadrático, que também não foi significativo (Apêndice C6). O que indica que os valores de temperatura da pasta, durante a avaliação do perfil viscoamilográfico, não sofreram influência com o acréscimo de grãos gessados no arroz. Além disso, os gessados permaneceram em temperaturas semelhantes às temperaturas dos grãos translúcidos, como observadas na Tabela 11, não possuindo diferenças significativas entre si.

5.5 TESTE DE COCÇÃO

O teste de cocção em arroz é um dos parâmetros de qualidade muito utilizado por programas de melhoramento genético e indústrias de beneficiamento para avaliar o comportamento culinário das cultivares lançadas e/ou novas linhagens em estudo. Normalmente simula-se, na metodologia, o cozimento caseiro e realiza-se o teste sensorial (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

Segundo Oliveira et al., 2009, essa técnica subjetiva é rotineiramente adotada por programas de melhoramento do arroz da América Latina para a avaliação do comportamento do arroz cozido quanto às características de textura e pegajosidade.

5.5.1 Teste de cocção de grãos de arroz translúcidos e gessados

Realizou-se o teste de cocção para avaliação da qualidade culinária do arroz gessado e arroz translúcido, que está apresentada na Tabela 13, com os atributos de textura e pegajosidade, além de tempo de cozimento e rendimento de cocção, em que foram realizados testes para comparação de suas médias.

Tabela 13. Classificação dos atributos de textura e pegajosidade, tempo de cozimento (min) e rendimento de cocção (%), obtidos no teste de cocção dos grãos de arroz translúcidos (0% gessados) e gessados (100% gessados).

Tratamentos % grãos gessados (m/m)	Teste de cocção ¹			
	Textura ²	Pegajosidade ³	Tempo de cozimento (min)	Rendimento (%)
0	2,90 ^a ± 0,50	4,00 ^a ± 0,00	9,85 ^a ± 0,55	200 ^a ± 0,00
	LM	LS		
100	2,18 ^a ± 0,19	4,00 ^a ± 0,00	9,22 ^a ± 0,23	200 ^a ± 0,00
	M	LS		

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras iguais (mesma coluna), não diferem significativamente pelo Teste t de *Student* ($P \leq 0,05$)

² Textura: LM = ligeiramente macio; M = macio;

³ Pegajosidade: LS = ligeiramente solto;

A maioria da população prefere grãos longo-finos, de boa qualidade culinária, determinada pelo bom rendimento de panela, rápido cozimento e presença de grãos secos e soltos após cozidos permanecendo macios mesmo após o resfriamento (CASTRO et al., 1999).

Observa-se que no Teste de cocção os atributos avaliados de Textura, Pegajosidade, o Tempo gasto para cozimento do arroz e o Rendimento obtido na cocção não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras com 0 e 100% de grãos gessados. Dessa forma, verifica-se que, provavelmente, os grãos gessados, após cozidos, apresentam características de qualidade de grãos semelhantes aos grãos translúcidos.

5.5.1.1 Textura

Uma das características importantes do arroz cozido é a textura, que é afetada por fatores tais como condições agronômicas, características físico-químicas (do amido, por exemplo), etapas de processamento como secagem, armazenamento, polimento e condições de cozimento (CASTRO et al., 1999).

O aspecto dos grãos após o cozimento depende da concentração de amilose presente no amido, dando-se preferência para as cultivares com teores intermediários. A textura e aparência do arroz após cozimento são características que praticamente definem a aceitabilidade de uma nova cultivar (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004). Além disso, a textura do arroz cozido está bastante associada com a gelatinização do amido, induzida pela hidratação e aquecimento (SILVA; ASCHERI, 2009).

A textura classificada para os grãos translúcidos foi de ligeiramente macios (LM), e para os grãos gessados foi determinada textura de grãos macios (M). Porém, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) quanto a esse atributo, indicando que após cozidos na panela elétrica, os grãos apresentam características de textura semelhantes.

Como os teores de amilose dos grãos gessados e translúcidos não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$), sendo classificados como teores intermediários, conforme apresentado na Tabela 9 do item 5.3.1, esse fato pode ter influenciado para que os valores obtidos para os parâmetros de qualidade culinária não diferissem entre si ($p > 0,05$).

Apesar das amostras terem sido classificadas com teores intermediários de amilose, os grãos translúcidos apresentaram médias superiores, o que pode ter ocasionado a classificação dos mesmos como ligeiramente macios, enquanto que os gessados apresentaram-se macios após cozimento. Visto que, conforme Bassinello, Rocha e Cobucci (2004), a maciez do arroz cozido é inversamente correlacionada com o teor de amilose presente.

As características de grãos ligeiramente macios e macios encontradas para os grãos translúcidos e gessados estão coerentes ao teor de amilose intermediário presente nesses grãos. Segundo Martínéz e Cuevas (1989), o teor de amilose intermediário indica características ideais para pegajosidade e textura, apresentando grãos cozidos soltos e macios.

A característica de grãos ligeiramente macios obtida para os translúcidos pode ser justificada pelos valores superiores de tendência à retrogradação (Tabela 11) nessas amostras. Segundo Zanão et al. (2009), a retrogradação pode conduzir ao aumento de dureza dos grãos devido à recristalização das macromoléculas do amido. Ong e Blanshard (1995) também afirmam que valores mais altos de *setback* indicam textura do arroz cozido mais firme.

Garcia (2009) realizando teste de cocção em arroz polido e parboilizado das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, obteve características de grãos ligeiramente macios para o arroz parboilizado e macios para o arroz polido, concluindo que o arroz parboilizado se apresentou um pouco menos macio que o arroz polido.

Fonseca (2009), encontrou para amostras de arroz da cultivar BRS Primavera, com teores de amilose intermediários, em média 24%, característica de grãos macios após cozimento. Assim como Bassinello, Rocha e Cobucci (2004), que também encontraram característica de grãos macios para o arroz da cultivar BRS Primavera, cozido em placas de petri dentro de panela semi-industrial.

Quanto à forma de avaliação dessa análise, é importante observar que as diferenças entre as classes ligeiramente macios e macios são muito tênues, podendo o mesmo material ser classificado em classes diferentes, considerando que a interpretação é bastante subjetiva, mas que, segundo Fonseca, Castro e Morais (2005), contribui para mais uma ferramenta que orienta o programa de melhoramento na seleção de cultivares em termos de qualidade de grãos.

5.5.1.2 Pegajosidade

Devido aos teores de amilose intermediários (25,98 e 25,05%), os grãos translúcidos e gessados apresentaram-se ligeiramente soltos. Segundo Fonseca, Castro e Morais (2007), a pegajosidade ou adesividade é um atributo que está relacionado com o teor de amilose, sendo que as variedades de arroz com teores de amilose intermediários a altos (> 22%) dão origem a produtos mais soltos.

Além disso, conforme Jennings, Coffman e Kauffman (1979), o aumento da pegajosidade do arroz cozido, ou seja, a redução da intensidade com que os grãos ficam soltos, se dá em função da temperatura de cocção, devido à lixiviação da amilose do grânulo de amido para a água de maceração durante a gelatinização, formando um filme de revestimento que aumenta significativamente a pegajosidade.

5.5.1.3 Tempo de cocção

O tempo de cocção determinado foi em média de 9,85 e 9,22 minutos, para grãos translúcidos e gessados, respectivamente, não apresentando diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$).

Entretanto, Singh et al. (2003), avaliando as características físico-químicas de grãos translúcidos e gessados das cultivares PR-106, IR-8 e Basmati-370, obtiveram Tempo de cocção por volta de 10% inferiores para amostras de grãos gessados. Valores de 20,5; 25,3 e 33 minutos foram obtidos na cocção de gessados, e 18,5; 23 e 30,5 minutos nos translúcidos, respectivamente. Os autores afirmam que a presença de espaços de ar e grânulos isolados, assim como a estrutura celular desordenada oferecem oportunidade de difusão da água mais rápida nos grãos gessados durante a cocção, causando a redução do tempo de cozimento do arroz.

Observa-se que os valores determinados por Singh et al. (2003) chegam a ser duas vezes superiores aos determinados neste estudo. Essas variações podem ter ocorrido pelos estudos terem sido com cultivares diferentes, que apresentam teores de amilose com grandes variações, sendo em média 9% de amilose para as cultivares do estudo mencionado. Conforme esses autores, as diferenças de cocção encontradas entre cultivares podem ser causadas, principalmente, pelas diferenças de conteúdo de amilose e estrutura do grânulo.

Além disso, as variações observadas nos tempos de cocção em relação aos outros autores podem ter sido ocasionadas pelas metodologias adotadas por cada pesquisa com formas de preparo e panelas distintas, que podem ter gerado diferentes respostas.

Mohoric et al. (2009) afirmam que a redução da porosidade dos grãos geralmente aumenta o tempo de cocção do arroz. Como os grãos gessados apresentam grande quantidade de espaços de ar, o tempo para cozimento do grão apresenta-se inferior aos translúcidos. Verificou-se que, os autores citados, que encontraram tempos de cocção inferiores para os grãos gessados, também obtiveram diferenças significativas quanto ao teor de amilose entre gessados e translúcidos. Portanto, os tempos de cocção semelhantes do presente estudo foram obtidos pelo fato das amostras apresentarem teores de amilose semelhantes.

Garcia (2009) verificou que o tempo de cocção tem correlação direta com o teor de amilose das cultivares, ou seja, quanto maior o teor de amilose, maior será o tempo necessário para o cozimento dos grãos de arroz.

Os tempos de cocção obtidos foram mais de 50% inferiores aos valores de 15,17 e 15,50 minutos obtidos por Fonseca (2009), e mais de 80% inferiores aos valores de 17,83 e 17,75 minutos determinados por Garcia (2009), para o arroz das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, respectivamente. Porém, os valores encontrados por esses autores foram obtidos pela cocção em panela convencional, diferentemente do presente estudo, em que realizou-se o teste de cocção em panela elétrica, que provavelmente otimizou o tempo de cozimento do arroz.

5.5.1.4 Rendimento de cocção

Não houve diferença significativa no rendimento de cocção obtido para as amostras de grãos translúcidos e gessados, sendo que a quantidade de arroz cozido obtida foi duas vezes maior que a quantidade de arroz cru utilizada. O fato das amostras terem obtido rendimento após cozimento dos grãos semelhante pode ser justificado pelos teores de amilose semelhantes das amostras.

Segundo Juliano e Bechtel (1985), a amilose aparente tem correlação positiva sobre o inchaço do grão, pois o conteúdo de amilose melhora a capacidade do grânulo de amido de absorver água e expandir seu volume.

O rendimento de 200% determinado neste estudo estão de acordo com os resultados encontrados por Fonseca (2009) de 211,43 e 213,51% para as cultivares de arroz BRS Primavera e BRS Sertaneja, que apresentaram rendimento aproximadamente 6% superior. Boêno, Ascheri e Bassinello (2011), ao avaliarem a qualidade tecnológica dos grãos de arroz-vermelho, e Oliveira et al. (2009), ao avaliarem as características de qualidade das misturas de 50/50% e 60/40% de arroz branco polido e parboilizado, respectivamente, também obtiveram rendimento de 200% na cocção de amostras.

Segundo Fonseca (2009), para fins de preparo e avaliação do comportamento pós-cozimento, o teste de cocção é válido, pois, reproduz o perfil de cozimento do arroz que será obtido pelo consumidor, porém, nem sempre se correlaciona com os testes físicos e químicos.

5.5.2 Teste de cocção do arroz com porcentagens de grãos gessados

Avaliou-se a influência dos grãos gessados na cocção do arroz por meio de análise de regressão entre os tratamentos com 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos. Os resultados estão apresentados na Tabela 14, com suas respectivas médias e desvios-padrão.

O modelo para o atributo textura não foi significativo ($p = 0,6044$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,354, coeficiente de variação (CV) de 19,31% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,267$). O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice D1). Dessa forma, pode-se afirmar que a presença de grãos gessados no arroz não influencia na sua textura após cozido, além de apresentarem textura semelhantes após cozimento, assim como apresentado na Tabela 13, em que os tratamentos com 0 e 100% de grãos gessados não apresentaram diferença estatística quanto a esse atributo, apesar de terem sido classificados como ligeiramente macios e macios, respectivamente.

Tabela 14. Atributos de textura, pegajosidade, tempo de cozimento (min) e rendimento de cocção (%) em função da porcentagem de grãos de arroz gessados.

Teste de cocção ¹	Tratamentos % grãos gessados (m/m)						p	R ²
	0	2	4	6	8	10		
Textura ²	2,90 ± 0,50	2,43 ± 0,21	1,90 ± 0,79	2,63 ± 0,42	2,50 ± 0,46	2,46 ± 0,47	0,6044	0,354
	LM	M	M	LM	LM	LM		

Pegajosidade ³	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	-	-
	LS	LS	LS	LS	LS	LS		

Tempo de cozimento (min)	9,85 ± 0,55	10,32 ± 0,21	10,29 ± 0,71	9,89 ± 0,42	9,79 ± 0,69	9,66 ± 0,45	0,1818	0,335

Rendimento (%)	200 ± 0,00	200 ± 0,00	200 ± 0,00	200 ± 0,00	200 ± 0,00	200 ± 0,00	-	-

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão;

² Textura: LM = ligeiramente macio; M = macio;

³ Pegajosidade: LS = ligeiramente solto;

Para o parâmetro pegajosidade, não houve modelo, uma vez que não verificou-se coeficiente de variação (CV), coeficiente de determinação e Falta de Ajuste. Isso pode ter ocorrido pelo fato da análise ser subjetiva, não apresentando precisão necessária para detectar valores diferentes de pegajosidade. Além disso, a escala de classificação de pegajosidade da metodologia proposta apresenta níveis de classificação muito amplos, fazendo com que todas as amostras fossem enquadradas na mesma classificação, como ligeiramente soltas.

Todos os tratamentos foram classificados como ligeiramente soltos para a pegajosidade, indicando que esse atributo não sofreu influência da porcentagem de gessados no arroz, já que os grãos gessados apresentam pegajosidade semelhante aos grãos translúcidos, conforme apresentado na Tabela 13.

O tempo de cozimento não apresentou modelo significativo em função da porcentagem de grãos gessados ($p = 0,1818$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,335, coeficiente de variação (CV) de 4,31% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,599$), assim como o modelo quadrático, que também não foi significativo (Apêndice D2). Dessa forma, é

possível afirmar que os grãos gessados não tiveram influência no tempo de cocção das amostras, e para se tornarem cozidos, gastaram tempo semelhante ao tempo para os grãos translúcidos, conforme os valores apresentados na Tabela 13, onde não houve diferença significativa entre os tempos de cozimento de gessados e translúcidos.

Como visto anteriormente, o teor de amilose influencia diretamente o tempo de cocção do arroz. Como todos os tratamentos foram compostos por grãos da mesma cultivar, que apresentaram teores de amilose semelhantes, esse fato pode justificar a falta de um modelo significativo para o Tempo de cocção e os tempos semelhantes para os grãos gessados e translúcidos.

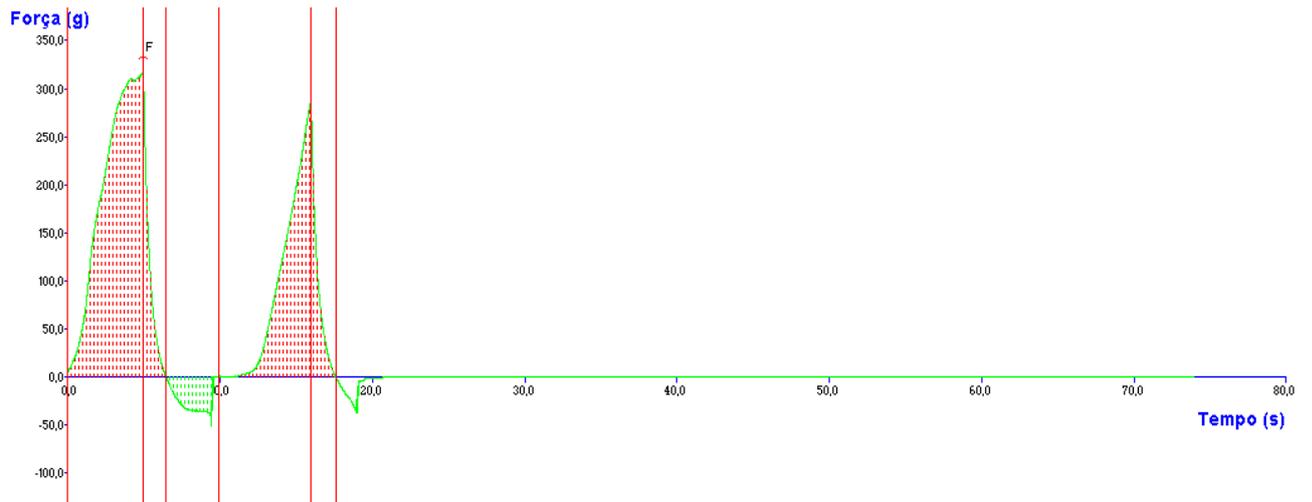
Quanto ao rendimento de cocção, observa-se que os grãos gessados não afetaram o rendimento do arroz cozido. Não obteve-se variação dos resultados encontrados, e assim não houve um modelo para esse atributo, não apresentando coeficiente de variação (CV), coeficiente de determinação e Falta de Ajuste. O rendimento obtido na cocção do arroz para todos os tratamentos foi de 200%. Resultado que foi confirmado também entre os grãos translúcidos e gessados, que não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 13).

5.6 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

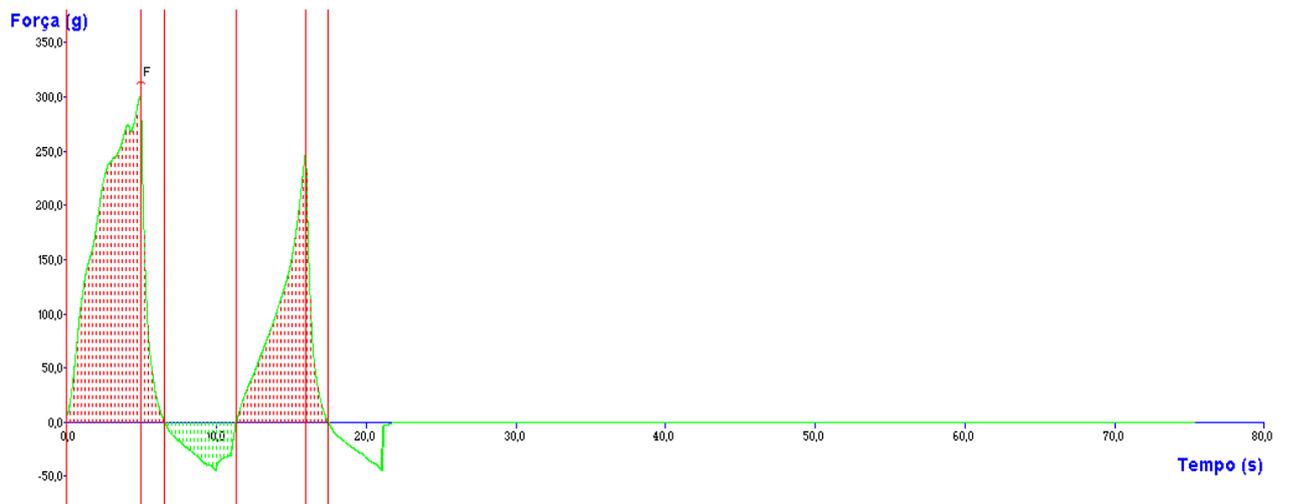
5.6.1 Análise de Textura Instrumental dos grãos de arroz translúcidos e gessados

As propriedades de textura dos géis dependem dos constituintes do amido, da amilose, do volume e deformação dos grânulos e da interação entre as fases contínuas e dispersas (CHOI; KERR, 2003).

O perfil dos gráficos de Força (g) x Tempo (s) obtidos na Análise de Perfil de Textura dos grãos translúcidos e gessados pode ser observado na Figura 33.



(a)



(b)

Figura 33. Gráficos de Força (g) x Tempo (s) do Perfil de Textura de grãos de arroz translúcidos (a) e gessados (b).

Para avaliação dos resultados de Perfil de Textura dos grãos de arroz translúcidos (0% gessados) e gessados (100% gessados) realizou-se teste de comparação das médias, sendo os dados apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Análise de textura instrumental dos grãos de arroz translúcidos e gessados.

Atributos ¹	Perfil de Textura	
	Tratamentos % grãos gessados (m/m)	
	0	100
Dureza (g)	347,74 ^a ± 20,21	292,30 ^b ± 10,06
Adesividade (g.s)	- 124,38 ^a ± 27,54	- 129,12 ^a ± 3,98
Elasticidade (mm)	1,04 ^a ± 0,09	0,92 ^a ± 0,00
Mastigabilidade (g.m)	196,77 ^a ± 16,91	140,04 ^b ± 7,69
Gomosidade (g)	190,36 ^a ± 11,09	151,84 ^b ± 8,82
Coesividade (adimensional)	0,55 ^a ± 0,02	0,52 ^b ± 0,01

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes (mesma linha), diferem significativamente pelo Teste t de *Student* ($P \leq 0,05$)

5.6.1.1 Dureza

Dureza é a força necessária para atingir uma dada deformação. Como conceito instrumental é definida como pico de força durante o primeiro ciclo de compressão (SZCZESNIAK, 2002) avaliada em texturômetro, e está correlacionada com a força para morder e comprimir o alimento na boca (ZAVAREZE et al., 2010).

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) quanto ao atributo dureza entre as amostras com 0 e 100% de grãos gessados. Os grãos translúcidos apresentaram valores de dureza aproximadamente 19% superiores aos grãos gessados, sendo de 347,74 g e 292,30 g para os gessados.

Segundo Brennan, Kuri e Tudorica (2004), a firmeza pode estar relacionada com a hidratação dos grânulos de amido durante o processo de cozimento e sua consequente gelatinização. A maior quantidade de grânulos de amido em dispersão, havendo disponibilidade de água suficiente, faz com que haja maior inchamento, maior contato entre as partículas, refletindo-se em maior força necessária para romper a estrutura formada na gelatinização.

Singh et al. (2003), avaliando as características físico-químicas de grãos translúcidos e gessados das cultivares PR-106, IR-8 e Basmati-370, também determinaram valores de Dureza superiores para os grãos translúcidos, chegando a encontrar diferenças quatro vezes maiores para esses grãos. Os autores afirmam que as diferenças nas propriedades texturais entre grãos translúcidos e gessados podem ser atribuídas aos diferentes teores de amilose, relação entre as cadeias de amilopectina curta/longa e a estrutura do grânulo de amido. Cheng et al. (2005)

afirmam que o arroz com alto teor de amilose e amilopectina de cadeia mais longa tendem a possuir textura mais dura.

Os valores de dureza superiores para os grãos translúcidos podem ser justificados pelos maiores valores de Viscosidade Final e Tendência à Retrogradação obtidos para essas amostras. A análise de Perfil de Textura foi realizada com os géis de amido em temperatura ambiente, após 24h da realização da análise do perfil viscoamilográfico no RVA. Nesse período as pastas de amido já haviam sofrido o processo de retrogradação, que nos grãos translúcidos foi superior. A associação das moléculas do amido propicia o desenvolvimento de uma rede tridimensional mantida coesa pelas áreas cristalinas, que durante o resfriamento resulta na formação de gel (HOOVER, 2001). Provavelmente, nos grãos translúcidos houve melhor re-estruturação das moléculas de amilose e amilopectina, formando gel mais firme que os grãos gessados no resfriamento.

A força do gel tem sido reportada como dependente da capacidade de ligação das moléculas de amido à água por ligações de hidrogênio. As pontes de hidrogênio que estabilizam a estrutura de dupla hélice são quebradas durante a gelatinização e substituídas por pontes de hidrogênio com água, sendo o inchamento controlado pela cristalinidade da molécula (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

Nos grãos gessados, a presença de estruturas moleculares desordenadas e sua degradação, que pode ter ocorrido na fase de aquecimento, ocasionou reduzida recristalização das moléculas e a diminuição da retrogradação, e com isso a formação de géis de amido com menor dureza. Segundo Qi-hua et al. (2009), o arroz que possui valores baixos de Viscosidade Final e Tendência à Retrogradação apresenta textura mais macia e boa qualidade sensorial.

Zavareze et al. (2010) ao avaliarem o Perfil de Textura de amostras de arroz com baixo, intermediário e alto teor de amilose, das cultivares Motti, Sasanishiki e IRGA 417, respectivamente, verificaram que os valores superiores de dureza obtidos foram das amostras de arroz com alto teor de amilose, sendo em média 491,23 g. Os valores de dureza determinados pelos autores para o arroz com teor de amilose intermediários, de 151,47 g, são mais de duas vezes inferiores aos obtidos no presente estudo.

Segundo Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), a amilose está diretamente relacionada com a dureza e gomosidade dos géis. De acordo com os autores, a dureza dos géis é causada pela retrogradação, associada à sinérese e à cristalização da amilopectina. Amidos que possuem géis mais duros, geralmente possuem maior teor de amilose e longas cadeias de amilopectina. Singh et al. (2003) também observou correlação positiva entre o teor de amilose e a dureza dos grãos.

Entretanto, Bueno (2008) avaliando o Perfil de Textura de amostras de arroz com teores de amilose baixo, intermediários e altos, encontrou para a dureza um comportamento inversamente proporcional ao teor de amilose. Segundo o autor, conforme aumentou o teor de amilose dos grupos de amostras, o grão se apresentou mais quebradiço, com isso diminuindo a resistência a compressão e, conseqüentemente, reduzindo sua dureza.

Como os teores de amilose dos grãos translúcidos e gessados no presente estudo são semelhantes, os valores inferiores obtidos nas amostras de grãos gessados para os parâmetros avaliados no Perfil de Textura se devem, provavelmente, aos diferentes processos de gelatinização e retrogradação ocorridos nos grãos, evidenciados pelos valores de viscosidade menores para as amostras de grãos gessados nas curvas viscoamilográficas obtidas.

5.6.1.2 Adesividade

A adesividade é o trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície dos outros materiais, com os quais o alimento entra em contato. É a área de força negativa do primeiro ciclo de compressão, representando a força necessária para a retirada do probe do alimento (SZCZESNIAK, 2002).

Os grãos translúcidos e gessados não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) quanto à adesividade, sendo de -124,38 e -129,12 g.s, respectivamente. O que indica que, os grãos gessados após cozidos, em relação a esse atributo, apresentam características de textura semelhantes aos grãos translúcidos.

Bueno (2008) encontrou um comportamento inversamente proporcional para a adesividade em relação ao teor de amilose. Observou-se que os grãos com menores teores de amilose apresentaram uma maior característica de pegajosidade após cozimento. Conforme o teor de amilose das cultivares aumentou, começou a apresentar um menor valor quantitativo para a característica de adesividade, o que indica um arroz mais solto após cozimento.

A característica de pegajosidade após cozimento é representada pelo parâmetro de adesividade no texturômetro, que representa a força necessária para elevar o probe que está aderido ao arroz devido à compressão (BUENO, 2008).

Os resultados de adesividade semelhantes, para os grãos translúcidos e gessados, estão de acordo com os resultados semelhantes obtidos para o atributo de pegajosidade no teste de cocção. Visto que, esses atributos se correlacionam representando o comportamento do grão após cocção, sendo a adesividade determinada de forma instrumental e a pegajosidade por meio sensorial. Dessa forma, pode-se inferir que os grãos translúcidos e gessados, apresentam o mesmo comportamento após cozimento, caracterizando grãos ligeiramente soltos.

Segundo Bueno (2008), os grãos de arroz que apresentam alta adesividade, consequentemente, baixa soltabilidade após cozimento, são mais adequados para o preparo de pudins e sobremesas, do que seu consumo na forma de grãos inteiros.

5.6.1.3 Elasticidade

A elasticidade é a taxa na qual um material deformado volta à sua condição inicial, após a força de deformação ser removida. É a medida que o alimento atinge entre o final do primeiro ciclo de compressão e o segundo ciclo de compressão (SZCZESNIAK, 2002).

Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os grãos translúcidos e gessados quanto à elasticidade, sendo os valores obtidos de 1,04 e 0,92 mm, respectivamente. Esses valores estão coerentes aos valores determinados por Zavareze et al. (2010), de 0,91 mm para o arroz com teores intermediários de amilose.

Cheng et al. (2005) afirmaram que o parâmetro que obteve menores variações entre os grãos translúcidos e gessados foi a elasticidade, sendo que das seis cultivares analisadas, Zhou 903, Jiazao 935, Zhe 733, Jia 293, Zhefu 802 e Guanglu'ai 4, apenas a Jia 293 apresentou valores 4,6% superiores para os grãos translúcidos, sendo de 0,91mm, e 0,87 mm nos grãos gessados.

Os valores de elasticidade encontrados estão de acordo com os valores determinados por Cheng et al. (2005), sendo em média 4,6% superiores para os grãos gessados. Os valores obtidos para os grãos translúcidos estão 15,6% superiores ao valor de 0,90 mm determinado por esses autores, para a cultivar Guanglu'ai 4.

Bueno (2008) identificou que a elasticidade é inversamente proporcional ao teor de amilose do grão. Ou seja, à medida que o teor de amilose aumentou no arroz, esse atributo sofreu uma diminuição de seus valores quantitativos. Segundo o autor, esse fato permite verificar que um maior teor de amilose enrijece os grânulos de amido, suprimindo a sua flexibilidade o que causa o esmagamento e ruptura do grão durante a sua compressão. Por outro lado, os grãos contendo baixo teor de amilose são mais plásticos e permanecem flexíveis após a primeira compressão.

5.6.1.4 Mastigabilidade

A mastigabilidade é a energia requerida para desintegrar um alimento a um estado pronto para ser engolido: um produto da coesão, dureza e elasticidade (SZCZESNIAK, 2002, CHENG et al., 2005).

Para o atributo de mastigabilidade, os grãos translúcidos diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos grãos gessados, apresentando médias 40% superiores aos valores encontrados nos gessados, sendo de 196,77 e 140,04 g.m para os gessados.

Singh et al. (2003), avaliando as características físico-químicas de grãos translúcidos e gessados, também determinaram valores de mastigabilidade superiores para os translúcidos, apresentando valores 90% superiores para esses grãos.

Cheng et al. (2005) encontraram, para os grãos gessados, valores de mastigabilidade superiores nas seis cultivares analisadas, e afirmaram que as propriedades de textura inferiores dos grãos gessados se devem aos valores de dureza superiores e elevada mastigabilidade.

5.6.1.5 Gomosidade

A gomosidade é a energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido para um estado pronto para engolir: um produto de baixo grau de dureza e um alto grau de coesão. É definida como o produto da dureza pela coesividade (SZCZESNIAK, 2002).

Quanto ao atributo Gomosidade, obteve-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os grãos gessados e translúcidos. Os grãos translúcidos apresentaram valores de Gomosidade 25% superiores aos grãos gessados. Os valores de Gomosidade superiores obtidos nas amostras de grãos translúcidos podem ser justificados pela maior retrogradação do amido nesses grãos, evidenciada pelos valores de Viscosidade Final e Tendência à Retrogradação superiores obtidos. Segundo Karam (2003), como a gomosidade é o produto da dureza pela coesividade, a tendência à retrogradação da amilose pode influenciar este atributo, ao aumentar a dureza.

Os valores de gomosidade obtidos no presente estudo, de 190,36 e 151,84 g para grãos translúcidos e gessados, respectivamente, são mais de duas vezes superiores aos valores determinados por Zavareze et al. (2010) para grãos de arroz com teores intermediários de amilose, sendo de 93,53 g.

Para o atributo de gomosidade, Zavareze et al. (2010) obtiveram valores mais de três vezes superiores para o arroz com alto teor de amilose, sendo de 301,87 g, em relação ao arroz com teor intermediário.

Conforme Kalviainen et al. (2000), a gomosidade é considerada como a força necessária para desintegrar o material, sendo assim, observa-se que quanto maior o teor de amilose do arroz, maior deve ser a força necessária para desintegração do gel. Como as amostras apresentaram teores semelhantes, a amilose não apresentou influência nos valores superiores de gomosidade dos grãos translúcidos.

5.6.1.6 Coesividade

A coesividade é a medida de extensão em que um material pode ser deformado antes de se romper, sendo representada no gráfico como a razão da força positiva da área do segundo ciclo de compressão pelo primeiro ciclo de compressão (SZCZESNIAK, 2002).

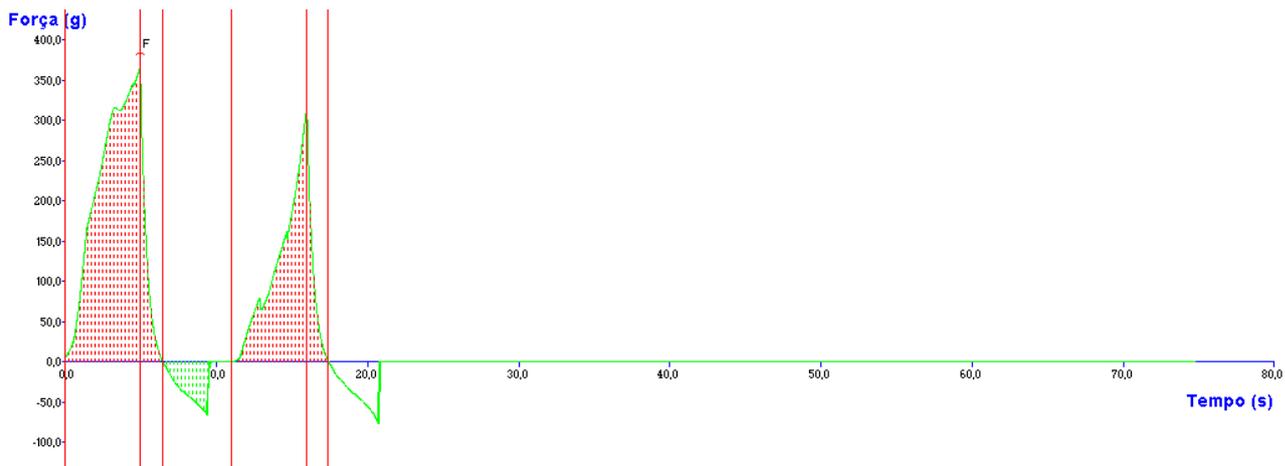
O atributo coesividade apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras com 0 e 100% de grãos gessados, obtendo valores 5,7% superiores para os grãos translúcidos.

Singh et al. (2003) também obtiveram para os grãos translúcidos valores de coesividade superiores aos gessados, apresentando valores até três vezes superiores. Porém, Cheng et al. (2005) determinaram valores 9,1% superiores para os grãos gessados da cultivar Zhou 903, sendo de 0,72 e 0,66g para os grãos translúcidos. Observa-se que os valores encontrados por esses autores são aproximadamente 30% superiores aos valores determinados no presente estudo.

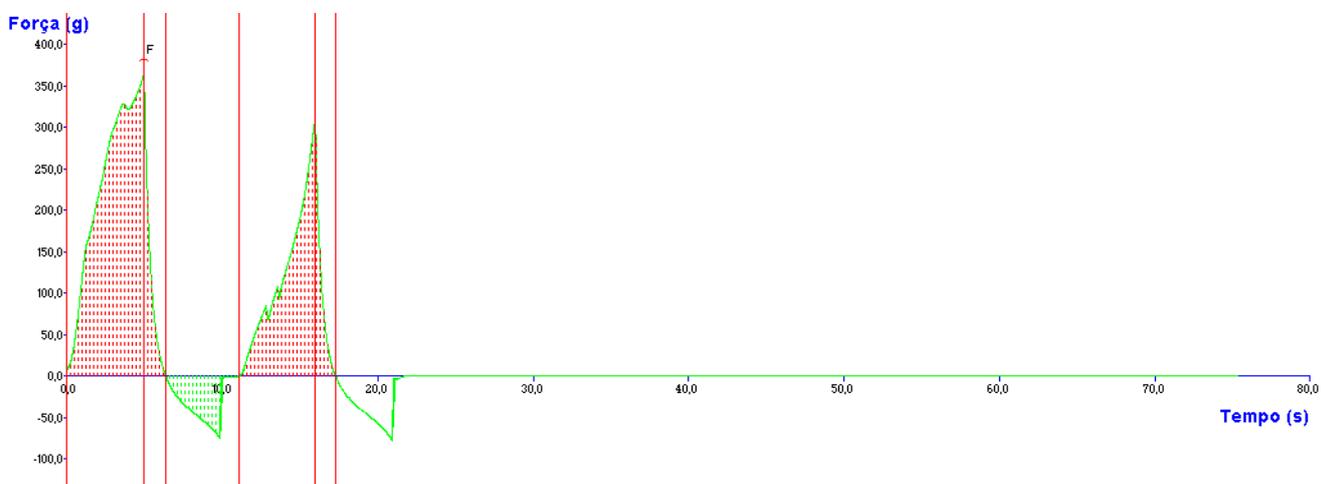
Zavareze et al. (2010) verificaram que o arroz com teor de amilose menor apresentou valores de coesividade superiores. Os valores obtidos de 0,55 e 0,52 para grãos translúcidos e gessados neste trabalho, respectivamente, estão de acordo com os resultados determinados por esses autores para amostras de arroz, com teores de amilose intermediários, sendo em média de 0,63.

5.6.2 Textura Instrumental do arroz com porcentagens de grãos gessados

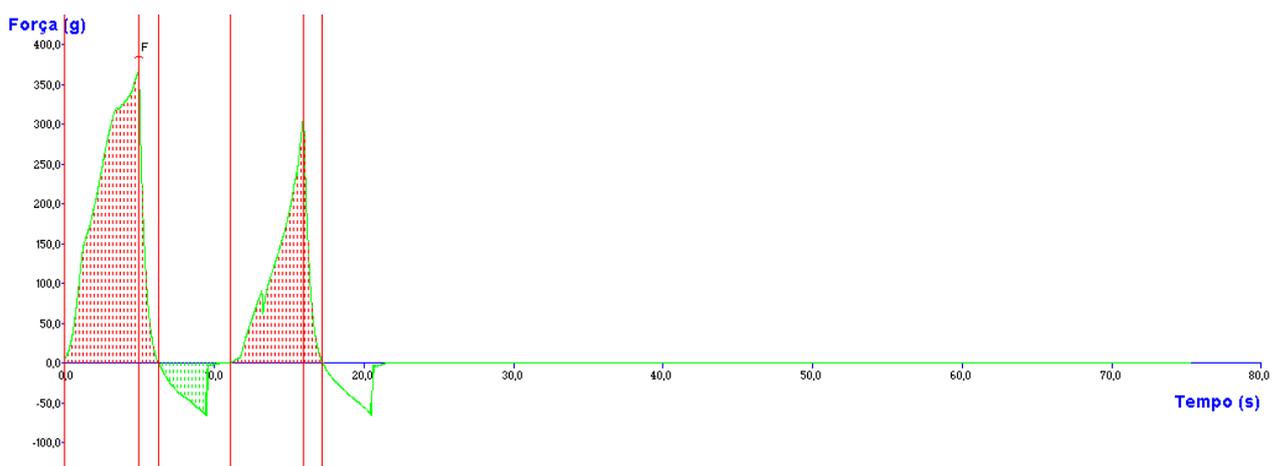
O perfil dos gráficos de Força (g) x Tempo (s) das substituições dos grãos translúcidos por gessados podem ser observados nas Figuras 34 e 35.



(a)

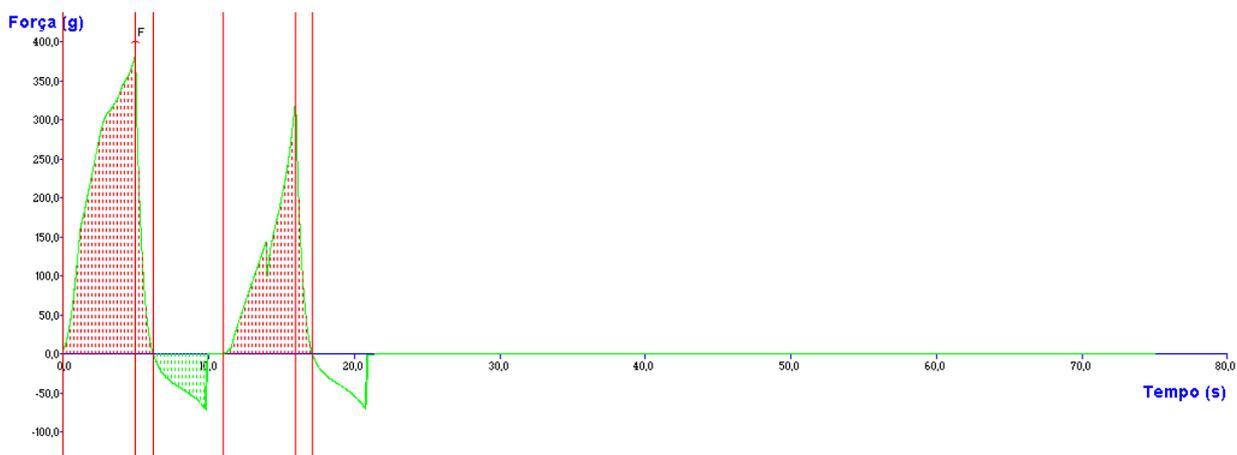


(b)

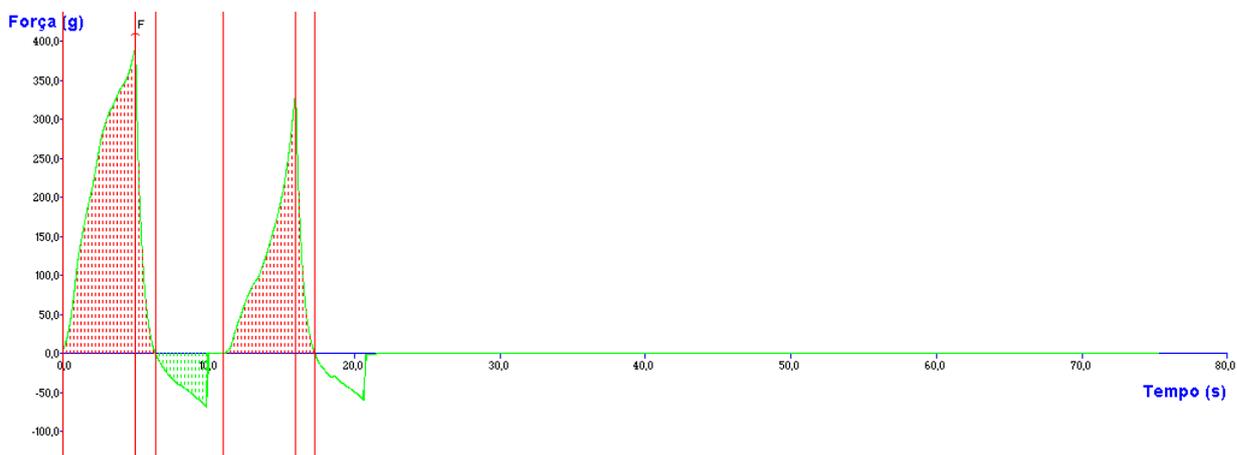


(c)

Figura 34. Gráficos de Força (g) x Tempo (s) do Perfil de Textura das substituições de grãos de arroz translúcidos por gessados: (a) 2% de gessados, (b) 4% de gessados e (c) 6% de gessados.



(a)



(b)

Figura 35. Gráficos de Força (g) x Tempo (s) do Perfil de Textura das substituições de grãos de arroz translúcidos por gessados: (a) 8% de gessados e (b) 10% de gessados.

Para avaliação do Perfil de Textura em função da porcentagem de grãos translúcidos e gessados, realizou-se análise de regressão entre os tratamentos com 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de substituições. Os valores médios e desvios-padrão estão apresentados na Tabela 16, com os respectivos modelos de regressão e coeficientes de determinação.

Tabela 16. Análise de textura instrumental dos grãos de arroz, modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2).

Atributos ¹	Perfil de Textura						Modelo	R^2
	Tratamentos % grãos gessados (m/m)							
	0	2	4	6	8	10		
Dureza (g)	347,74 ± 20,21	358,28 ± 21,87	364,84 ± 23,11	371,20 ± 14,18	385,16 ± 25,20	378,86 ± 20,28	$y = 350,352 + 3,466x$	0,897
Adesividade (g.s)	- 124,38 ± 27,54	- 131,28 ± 28,22	- 166,56 ± 22,84	- 161,26 ± 42,13	- 173,46 ± 45,50	- 175,06 ± 32,65	$y = - 128,573 - 5,352x$	0,830
Elasticidade (mm)	1,04 ± 0,09	0,99 ± 0,01	0,97 ± 0,04	0,97 ± 0,04	0,98 ± 0,04	0,98 ± 0,04	ns*	0,514
Mastigabilidade (g.m)	196,77 ± 16,91	194,46 ± 20,72	196,83 ± 19,83	199,00 ± 10,81	198,57 ± 10,84	202,85 ± 13,16	ns	0,717
Gomosidade (g)	190,36 ± 11,09	196,26 ± 19,94	202,36 ± 13,44	204,13 ± 9,84	203,69 ± 11,32	207,71 ± 9,69	$y = 192,837 + 1,583x$	0,880
Coabilidade (adimensional)	0,55 ± 0,02	0,55 ± 0,03	0,56 ± 0,01	0,55 ± 0,02	0,53 ± 0,021	0,55 ± 0,02	ns	0,125

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão;

y = resposta; x = porcentagem de grãos de arroz gessados (%);

* ns = não significativo;

Para o atributo dureza o modelo foi significativo ($p = 0,0048$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,897, coeficiente de variação (CV) de 5,56% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,866$), apresentado no gráfico de Figura 36. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice E1).

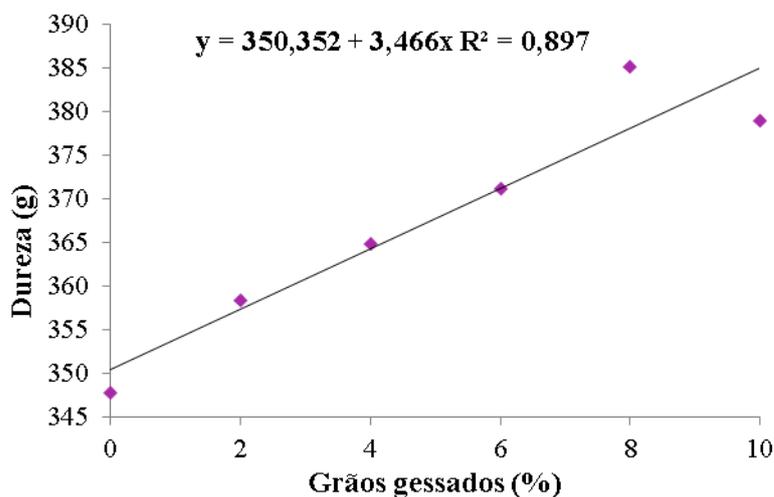


Figura 36. Valores de dureza em função da porcentagem de grãos gessados na análise do Perfil de Textura do arroz.

Observa-se que os grãos gessados tiveram influência nos valores de dureza obtidos, sendo que os tratamentos com maiores porcentagens de gessados apresentaram valores de dureza superiores. Esse resultado indica que a formação do gel de amido das amostras de arroz com porcentagens de grãos gessados apresentou comportamento diferenciado da amostra com 100% dos grãos gessados, nos processos de gelatinização e retrogradação do amido. Provavelmente, a rede tridimensional formada no gel de amido com 100% de grãos gessados apresentou valores de dureza inferiores, devido às seus grânulos desordenados e estrutura cristalina degradada. Enquanto que, nas amostras com porcentagens de grãos gessados essa desorganização da estrutura dos grânulos, que ocorreu em menor proporção, não impactou na redução da dureza das amostras.

Cheng et al. (2005) ao analisarem o Perfil de Textura de seis cultivares, Zhou 903, Jiazao 935, Zhe 733, Jia 293, Zhefu 802 e Guanglu'ai 4, observaram que em todas as cultivares os grãos gessados apresentaram valores de dureza superiores, apresentando valores 11,8% superiores na cultivar Jia 293.

O modelo foi significativo para a adesividade ($p = 0,0069$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,830, coeficiente de variação (CV) de 21,42% e Falta de Ajuste não

significativa (FA = 0,779), sendo o modelo quadrático não significativo (Apêndice E2). O coeficiente de variação elevado justifica-se provavelmente pela heterogeneidade dos grãos, os quais podem ter apresentado graus variados de gessamento conferindo respostas diferenciadas.

Para melhor visualização dos resultados, o gráfico das substituições para a adesividade está apresentado na Figura 37.

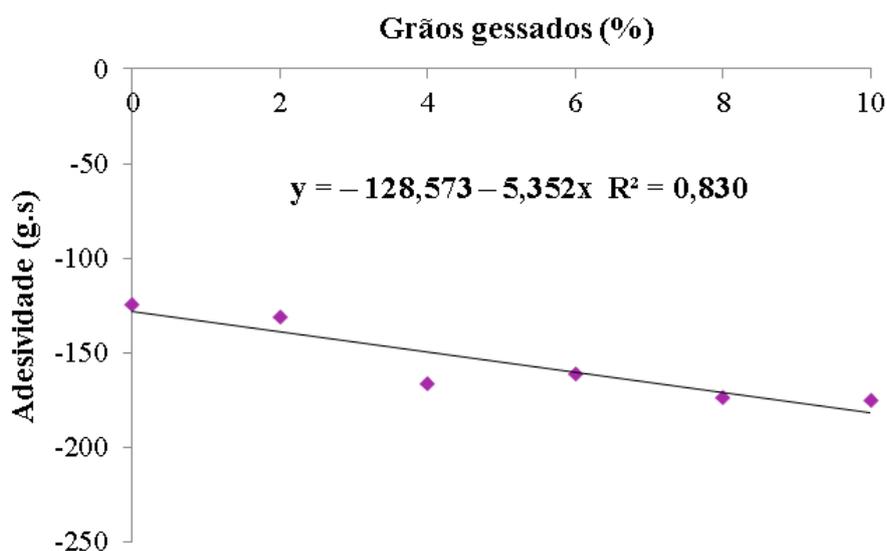


Figura 37. Valores de adesividade em função da porcentagem de grãos gessados na análise do Perfil de Textura do arroz.

Nota-se que os grãos gessados influenciaram nos valores de adesividade do arroz, sendo que os tratamentos com maiores porcentagens de grãos gessados apresentaram adesividade superior.

A elasticidade não apresentou modelo significativo em função da porcentagem de grãos gessados ($p = 0,0691$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,514, coeficiente de variação (CV) de 4,70% e Falta de Ajuste não significativa (FA = 0,929), sendo o modelo quadrático não significativo (Apêndice E3). Portanto, a porcentagem de grãos gessados no arroz não influenciou nos valores de elasticidade obtidos para as substituições. Além disso, conforme já visto, os grãos translúcidos e gessados não apresentaram diferença significativa para esse parâmetro (Tabela 15).

Cheng et al. (2005) não encontraram diferença significativa entre os grãos gessados e translúcidos para as cinco das seis cultivares analisadas, quanto ao parâmetro de elasticidade.

Os autores encontraram valores de elasticidade 4,5% inferiores para os grãos gessados da cultivar Jia 293.

O modelo em função dos grãos gessados não foi significativo para a mastigabilidade ($p = 0,3524$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,717, coeficiente de variação (CV) de 6,37% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,980$). Assim como, o modelo quadrático, que também não foi significativo (Apêndice E4). Dessa forma, pode-se verificar que até o nível de 10% os grãos gessados no arroz não influenciam de forma significativa o parâmetro de mastigabilidade. Porém, em porcentagens superiores esse parâmetro, provavelmente, pode ser influenciado pela quantidade de gessados presentes. Visto que, os grãos translúcidos apresentaram valores 40% superiores aos grãos gessados.

Cheng et al. (2005) ao analisarem o Perfil de Textura de seis cultivares, Zhou 903, Jiazao 935, Zhe 733, Jia 293, Zhefu 802 e Guanglu'ai 4, observaram que em todas as cultivares os grãos gessados apresentaram valores de mastigabilidade superiores, apresentando valores 13,7% superiores na cultivar Jia 293.

Para o atributo gomosidade o modelo foi significativo ($p = 0,0240$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,880, coeficiente de variação (CV) de 6,04% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,960$), apresentado no gráfico de Figura 38. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice E5).

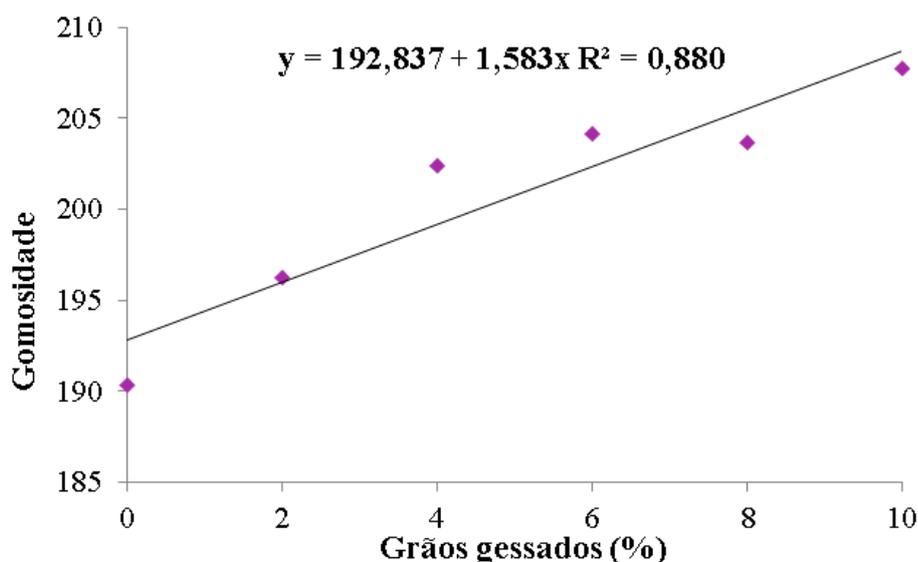


Figura 38. Gomosidade do arroz em função das porcentagens de grãos gessados na análise do Perfil de Textura do arroz.

Verifica-se que com os tratamentos com maiores porcentagens de grãos gessados apresentaram valores de gomosidade superiores, indicando que em relação a esse atributo o arroz foi influenciado pelas porcentagens de grãos gessados. O comportamento diferenciado das amostras com porcentagens de grãos gessados em relação às amostras com 100% de grãos gessados pode ser justificado pelos diferentes processos de gelatinização e retrogradação que ocorreram nas amostras com 100% de grãos gessados. Nessas amostras devido à grande desorganização dos grânulos e estrutura molecular degradada os efeitos nas características de gomosidade foram diferenciados.

Além disso, os grãos podem apresentar graus de gessamento diferentes entre si, que podem resultar em variadas respostas para o mesmo parâmetro. Conforme Lisle, Martin e Fitzgerald (2000), as posições diferentes na panícula durante a fase de enchimento, por exemplo, apresentam graus de gessamento e formação dos amiloplastos diferenciados.

A coesividade não apresentou modelo significativo ($p = 0,3943$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,125, coeficiente de variação (CV) de 3,59% e Falta de Ajuste não significativa (FA = 0,192). Entretanto, o modelo quadrático não foi significativo (Apêndice E6). Portanto, pode-se observar que até o nível de 10% os grãos gessados não influenciaram de forma significativa os valores de coesividade obtidos. Entretanto, em porcentagens maiores no arroz, a coesividade pode ser afetada pela presença de grãos gessados, visto que, os grãos translúcidos diferenciaram significativamente dos gessados quanto a esse parâmetro, obtendo valores 5,8% superiores.

Cheng et al. (2005) também não encontraram diferenças significativas para cinco das seis cultivares analisadas quanto aos valores de coesividade dos grãos translúcidos e gessados. Os valores encontrados nas substituições de grãos translúcidos por gessados estão de acordo com os valores de 0,53 e 0,54g na cultivar Zhe 733; 0,51 e 0,55g na cultivar Jia 293; e 0,52 e 0,51 g na cultivar Guanglu'ai 4, para os grãos translúcidos e gessados, respectivamente.

5.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS GRÃOS

5.7.1 Características físicas dos grãos de arroz translúcidos e gessados

Avaliou-se as características de transparência, brancura e grau de polimento das amostras com 0 e 100% de grãos gessados por meio de teste para comparação das médias, sendo os resultados apresentados na Tabela 17.

Quanto à transparência dos grãos, os tratamentos 0 e 100% de gessados obtiveram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, em que os grãos translúcidos apresentam valores de transparência mais de 100% superiores aos gessados. Resultado que confirma o aspecto visual típico do grão gessado, em que sua estrutura contendo espaços de ar não permite que a luz seja refletida novamente.

Tabela 17. Transparência, brancura e grau de polimento dos grãos de arroz translúcidos e gessados.

Tratamentos % grãos gessados (m/m)	Parâmetros ¹		
	Transparência (%)	Brancura (%)	Grau de polimento (pontos)
0	2,63 ^a ± 0,03	41,13 ^b ± 0,13	99,33 ^b ± 0,50
100	1,27 ^b ± 0,04	49,57 ^a ± 0,17	130,33 ^a ± 0,50

¹Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes (mesma coluna), diferem significativamente pelo Teste t de *Student* ($P \leq 0,05$)

Segundo Kim et al. (2000), nos grãos gessados os espaços de ar difratam a luz causando mudanças em sua reflexão, o que torna o grão com característica opaca. Enquanto que os grãos translúcidos, que são compactos e sem espaços de ar, a luz incidida atravessa o grão sem ser difratada, resultando em uma visualização vítrea do grão.

Segundo Boeno; Ascheri e Bassinello (2011), a amplitude de leitura da transparência encontra-se entre 0 e 9,99%. Os valores encontrados para os grãos gessados estão de acordo com os valores determinados por esses autores, de 1,27% em amostras de quatro genótipos de arroz-vermelho, para o tempo de polimento de 40 segundos. Enquanto que, os valores encontrados para os grãos translúcidos são mais de duas vezes superiores.

Os valores de transparência encontrados estão coerentes com os resultados obtidos por Patindol e Wang (2003), ao avaliarem as propriedades físico-químicas das cultivares de arroz das cultivares Gohang, IR65, IR74, Risotto, UPLRi7 e XL6, de 2,6 e 1,3% para grãos translúcidos e gessados, respectivamente. Observa-se que esses autores também encontraram teores de transparência superiores para os grãos translúcidos, sendo 100% maiores.

Os tratamentos com 0 e 100% de grãos gessados diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) quanto ao parâmetro de brancura. Os grãos gessados apresentaram valores de Brancura 20,5% superiores aos grãos translúcidos. Essa diferença já era esperada, já que o grão gessado apresenta aspecto visual opaco e superfície totalmente branca.

Os valores encontrados para o grau de brancura dos grãos translúcidos e gessados foram de 41,13 e 49,57%, respectivamente. Segundo Oliveira et al. (2009), o grau de brancura pode variar de 15 a 60% em média nos grãos de arroz.

Os valores obtidos para o teor de brancura estão de acordo com os resultados encontrados por Patindol e Wang (2003), que obtiveram valores aproximadamente 19% superiores para os grãos gessados, sendo de 52,4% e 44,1% para os grãos translúcidos.

Os valores encontrados para o teor de brancura são superiores aos valores encontrados por Boeno; Ascheri e Bassinello (2011), para todos os tempos de polimento avaliados pelos autores, que variaram de 19% a 34,1% de brancura, chegando a atingir valores mais de 50% superiores.

O grau de polimento do arroz expressa maior ou menor intensidade de remoção do germe e das camadas externas e internas do grão, e pode atingir uma amplitude grande de leitura, sendo de 0 a 200 pontos, aproximadamente (OLIVEIRA et al., 2009). Segundo esses autores, o grau de polimento ideal, preconizado nas indústrias beneficiadoras de arroz, encontra-se na faixa de 95 a 100 pontos, garantindo um grão bem polido e translúcido, satisfazendo as exigências do consumidor brasileiro.

Houve diferença significativa em relação ao grau de polimento do arroz entre os tratamentos com 0 e 100% de grãos gessados, indicando que os grãos gessados obtiveram polimento 30% superior ao grão translúcido. As matérias-primas avaliadas são da mesma cultivar (Puitá INTA CL) e provenientes da mesma indústria beneficiadora de grãos, que utiliza como padrões de beneficiamento graus de polimento entre 90 e 100 pontos. Com isso, verifica-se que os valores de grau de polimento detectados pelo equipamento sofreram interferência dos grãos gessados. Os grãos que apresentam maior brancura foram identificados pelo equipamento como grãos que sofreram maior polimento.

O grau de polimento determinado pelo medidor é obtido relacionando-se à porcentagem de brancura e transparência, sendo que quanto maior o grau de brancura dos grãos, maior o grau de polimento detectado no equipamento (OLIVEIRA et al., 2009). Segundo os autores, o arroz parboilizado, por exemplo, apresenta menor grau de polimento devido, provavelmente, à menor translucidez e brancura do grão, em função da gelatinização na parboilização.

Os valores de grau de polimento determinados por Boeno, Ascheri e Bassinello (2011) para amostras de arroz-vermelho foram muito inferiores aos valores encontrados nesse estudo, sendo de 41, 63 e 84 pontos para os tempos de polimento de 20, 30 e 40 segundos.

Segundo Boeno, Ascheri e Bassinello (2011), o grau de polimento é dado em relação à quantidade de farelo removida do grão tendo-se, geralmente, quatro graus de polimento entre bem polido e não polido. Entretanto, não existe uma definição precisa desses termos, sendo assim, o grau de polimento é determinado, comumente, por inspeção visual ou por meio de aparelhos óticos.

5.7.2 Características físicas do arroz com porcentagens de grãos gessados

Para avaliação da influência das substituições dos grãos translúcidos por grãos gessados nas características de transparência, brancura e grau de polimento, realizou-se análise de regressão entre os tratamentos 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de grãos gessados. Os valores médios e desvios-padrão estão apresentados na Tabela 18, com os respectivos modelos de regressão e coeficientes de determinação.

Tabela 18. Transparência, brancura e grau de polimento dos tratamentos, modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), em função das porcentagens de grãos de arroz gessados.

Tratamentos % grãos gessados (m/m)	Parâmetros ¹		
	Transparência (%)	Brancura (%)	Grau de polimento (pontos)
0	2,66 ± 0,03	41,25 ± 0,13	99,50 ± 0,50
2	2,59 ± 0,04	41,32 ± 0,33	99,17 ± 2,08
4	2,56 ± 0,04	41,50 ± 0,27	100,33 ± 1,89
6	2,54 ± 0,02	41,73 ± 0,24	101,67 ± 1,53
8	2,58 ± 0,01	41,32 ± 0,12	100,00 ± 0,87
10	2,48 ± 0,03	41,61 ± 0,27	100,17 ± 1,53
Modelo	$y = 2,627 - 0,015x$	$y = 41,157 + 0,075x$	-
R^2	0,911	0,924	0,949

¹Valores correspondem à média ± desvio-padrão;
y = resposta; x = porcentagem de grãos de arroz gessados (%);

O modelo foi significativo para o parâmetro de transparência ($p = 0,0013$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,911, coeficiente de variação (CV) de 1,95% e Falta de Ajuste não significativa (FA = 0,630), apresentado no gráfico da Figura 39. O modelo quadrático não foi significativo (Apêndice F1).

Observa-se que os tratamentos com maiores porcentagens de grãos gessados obtiveram valores de transparência inferiores. Fato justificado pelo processo de gessamento do grão, que provoca sua opacidade impedindo a passagem da luz, que reduz sua translucidez. Esse resultado confirma o aspecto visual típico do grão gessado, em que sua estrutura contendo espaços de ar não permite que a luz seja refletida novamente, fato que é o responsável pelo aspecto de translucidez no grão (KIM et al., 2000).

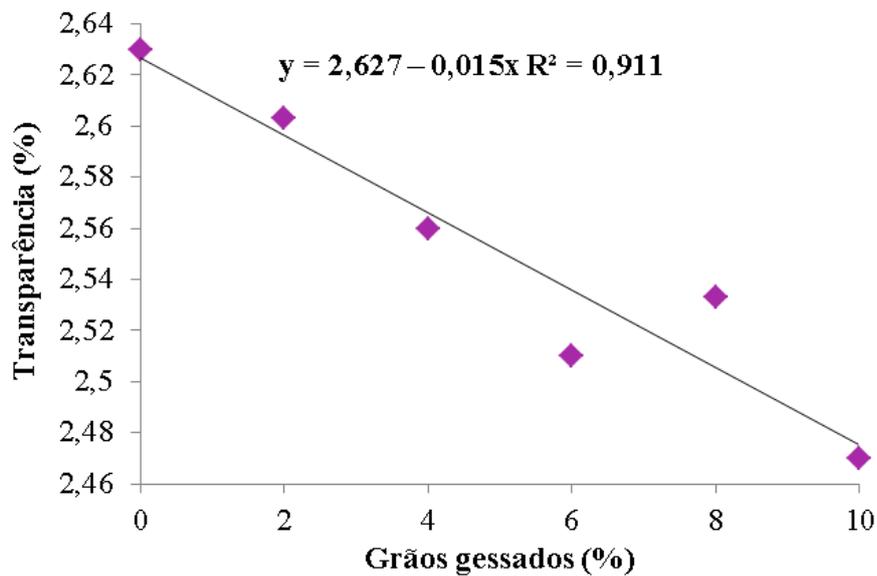


Figura 39. Transparência dos grãos em função da porcentagem de gessados no arroz.

O parâmetro de brancura foi influenciado pela porcentagem de grãos gessados, com modelo significativo ($p = 0,0146$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,924, coeficiente de variação (CV) de 0,89% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,927$), apresentado no gráfico da Figura 40. Entretanto, não apresentou modelo quadrático significativo (Apêndice F2).

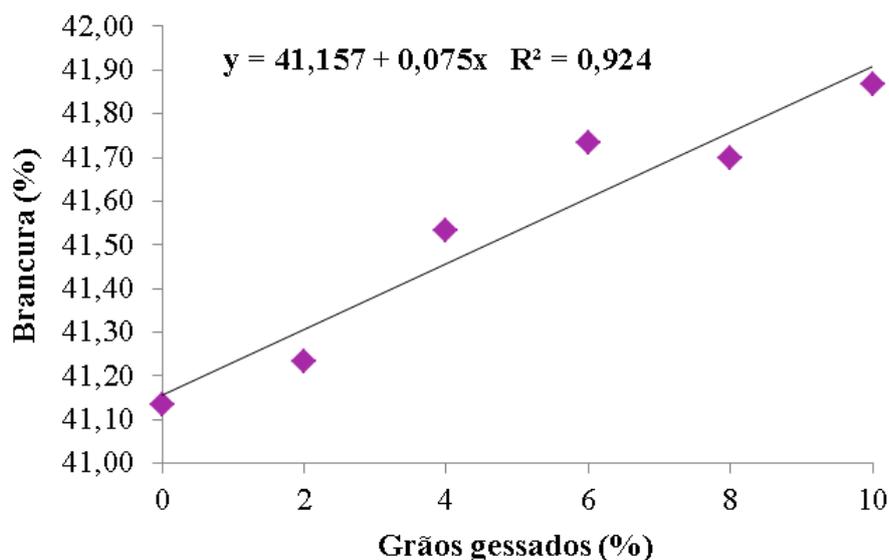


Figura 40. Brancura dos grãos em função da porcentagem de gessados no arroz.

Nota-se que os tratamentos com maiores porcentagens de grãos gessados apresentaram valores de brancura superiores. O que é justificado pelo aspecto característico desses grãos, que apresentam coloração branca e opaca, ocasionado pelo gessamento do grão.

O modelo não foi significativo para o parâmetro grau de polimento ($p = 0,0599$), com coeficiente de determinação (R^2) de 0,949, coeficiente de variação (CV) de 1,78% e Falta de Ajuste não significativa ($FA = 0,972$), assim como o modelo quadrático, que não foi significativo (Apêndice F3). Dessa forma, pode-se verificar que até o nível de 10% de grãos gessados o grau de polimento não foi influenciado pela porcentagem de gessados no arroz. Porém, em porcentagens superiores a esse nível, provavelmente, esse parâmetro pode ser influenciado pelos grãos gessados.

Os resultados obtidos para o grau de polimento apresentaram-se na faixa de 99,17 a 101,67 pontos, o que demonstra que os tratamentos se apresentam com o polimento na faixa recomendada (95-100 pontos), visto que os valores mais próximos de 100% indicam que mais polido o produto se encontra (OLIVEIRA et al., 2009), com exceção do tratamento com 6% de grãos gessados que obteve grau de polimento 1,7% superior ao limite recomendado. Além disso, segundo Oliveira et al. (2009), o grau de polimento dentro da faixa de 95-100 pontos também pode indicar uma influência no comportamento do arroz após a cocção, que normalmente caracteriza-se por um arroz com grãos mais soltos.

6 CONCLUSÕES

- Os grãos de arroz gessados apresentam estrutura granular desordenada, grânulos esféricos com presença de espaços de ar entre si e acondicionamento não compacto entre os grânulos de amido e proteína.
- Os grãos gessados apresentam teor de umidade inferior aos grãos translúcidos.
- Os teores de umidade e de cinzas do arroz são influenciados pelo acréscimo de grãos gessados em substituição aos grãos translúcidos.
- O aumento da porcentagem de grãos gessados não influencia os teores de proteína, lipídeos, carboidratos e valor energético do arroz.
- Os grãos translúcidos e gessados apresentam teores intermediários de amilose.
- O acréscimo de grãos gessados não influenciou nos teores de amilose do arroz.
- Os grãos gessados apresentaram Picos e valores de Quebra de Viscosidade inferiores aos grãos translúcidos.
- Os grãos gessados apresentaram menores valores de Viscosidade Final e Tendência à Retrogradação.
- Até o nível de 10% de grãos gessados no arroz não houve influência significativa nos valores de Quebra de Viscosidade, indicando que a resistência ao rompimento da estrutura do amido não foi afetada até essa porcentagem de gessados.
- O acréscimo de grãos gessados no arroz influenciou os valores de Viscosidade Final e Tendência à Retrogradação, indicando que com o seu aumento houve baixa retrogradação do amido.
- No Teste de cocção, os grãos gessados apresentam características sensoriais semelhantes aos grãos translúcidos.
- Os grãos translúcidos apresentaram valores de dureza e gomosidade superiores, devido à maior retrogradação ocorrida.
- O arroz foi influenciado pelo acréscimo de grãos gessados em substituição aos translúcidos quanto aos parâmetros de dureza, adesividade e gomosidade.
- Os grãos gessados apresentam menor transparência e maior teor de brancura.
- Os grãos gessados são adequados para utilização como ingredientes na produção de alimentos prontos para o consumo refrigerados ou congelados.

- Os grãos gessados apresentam diferenças nas características físicas e químicas, porém não diferem nas características sensoriais do arroz. Dessa forma, é necessária a reavaliação dos limites permitidos de grãos gessados para comercialização do arroz.

REFERÊNCIAS

- AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. Saint Paul: AACC International, 2000. v. 2.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**: food composition, additives, natural contaminants. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. v. 2.
- AMARAL, J. BASF obtém seu primeiro registro de cultivar de arroz no Brasil. 2008. Disponível em: <<http://www.basf.com.br/default.asp?id=4709>>. Acesso em: 10 mai 2012.
- AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L .V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005. 240 p.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a absorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006a.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 115-144, 2006b.
- ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. **Características de fubá extrusado**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006. 3 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Comunicado técnico, 98).
- BALDASSO, C. **Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- BASSINELLO, P. Z.; NAVES, M. M. V. Bioquímica do arroz e saúde humana. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 31–51.
- BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. da S.; COBUCCI, R. de M. A. **Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 84).
- BATEY, I. L. Interpretation of RVA curves. In: CROSBIE, G. B.; ROSS, A. S. (Ed). **The RVA handbook**. Saint Paul: AACC International, 2007. p. 19-30.
- BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BINOTTI, F. F. S da; ARF, O.; FERNANDES, F. A.; SÁ, M. E de. Momento de colheita e períodos de armazenamento no rendimento industrial e na qualidade fisiológica do arroz de terras altas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 2, p. 219-226, 2007.

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

BOOTH, R.; BASON, M. Principles of operation and experimental techniques. In: CROSBIE, G. B.; ROSS, A. S. (Ed). **The RVA handbook**. Saint Paul: AACCC International, 2007. p. 1-17.

BUENO, P. D. F. **Viscoamilografia na estimativa do teor de amilose e características de consumo de arroz**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA nº12, de 27 de julho de 1978**. Aprova as normas técnicas especiais. Brasília, DF: ANVISA, 1978. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78.pdf>. Acesso em: 12 mai 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6, de 16 e fevereiro de 2009. Aprova o regulamento técnico do arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 2009, Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 269, de 17 de novembro de 1988. Aprova a norma a ser observada na classificação, embalagem e marcação do arroz. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 nov. 1988, Seção 1, p. 22531.

BRENNAN, C. S.; KURI, V.; TUDORICA, C. M. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. **Food Chemistry**. London, v. 86, n. 2, p. 189-193, 2004.

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

CASTRO, E. da 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. 30 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 34).

CHAMPAGNE, E. T.; BETT, K. L.; VINYARD, B. T.; MCCLUNG, A. M.; BARTON II, F. E.; MOLDENHAUER, K.; LINScombe, S.; MCKENZIE, K. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyzer measurements. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 764-771, 1999.

CHENG, F. M.; ZHONG, L. J.; WANG, F.; ZHANG, G. P. Differences in cooking and eating properties between chalky and translucent parts in rice grains. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 1/2, p. 39-46, 2005.

CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2003.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Quarto levantamento, janeiro 2011**. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <http://www.cileite.com.br/sites/default/files/4graos_06.01.11.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, Safra 2011/2012, janeiro 2012**. Brasília: Conab, 2012. 34 p.

COOPER, N. T. W.; SIEBENMORGEN, T. J.; COUNCE, P. A. Effects on nighttime temperature during kernel development on rice physicochemical properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 85, n. 3, p. 276-282, 2008.

COPOK, T. C. Rice institute identifies genes that make rice chalky. **Asian Scientist**, Singapore, 2011. Disponível em: <<http://www.asianscientist.com/in-the-lab/rice-institute-identifies-genes-rice-chalky/>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

CORRADINI, E.; TEIXEIRA, E. M.; AGNELLI, J. A. M.; MATTOSO, L. H. C.C. Amido termoplástico. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 27 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 30).

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DORNELLES, S. H. B.; GARCIA, D. C.; LORETO, E. L.; CANTO-DOROW, T. S.; MANFRON, P. A.; SANCHOTENE, D. M.; OLIVEIRA, L. F. V. Suscetibilidade de biótipos de arroz vermelho e de cultivares de arroz irrigado ao herbicida imazethapyr. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, número especial, p. 1097-1106, 2010.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

ELIAS, M. C.; CONRAD, V. J. D.; AOSANI, E.; OLIVEIRA, M. Arroz: gerenciamento operacional define a qualidade. **SeedNews**, Pelotas, v. 7, n. 4, p. 12-14, 2003.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN, S. Química de alimentos de Fennema. 4 ed. Porto Alegre: Artimed, 2010. 900 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. Symposium, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FITZGERALD, M.; LEWIN, L.; WILLIAMS, R.; CLAMPETT, W. S.; REINKE, R. Grain quality. In: KEALEY, L. M.; CLAMPETT, W. S. (Ed.). **Production of quality rice in South Eastern Australia**. Kingston: Rural Industries Research & Development Corporation, 2000. p. 4-19.

FITZGERALD, M. A.; MARTIN, M.; WARD, R. M.; PARK, W. D.; SHEAD, H. J. Viscosity of rice flour: a rheological and biological study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 8, p. 2295-2299, 2003.

FITZGERALD, M. A.; MCCOUCH, S. R.; HALL, R. D. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, London, v. 14, n. 3, p. 133-139, 2008.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. **Maturação de Pós-colheita das Cultivares de Arroz de Terras Altas BRS Sertaneja, BRS Pepita e BRS Monarca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 136).

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. **Tempo de Prateleira de Cultivares de Arroz de Terras Altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 98).

FONSECA, F. A. **Condições de encharcamento sobre a qualidade de arroz parboilizado cultivado em terras altas**. 2009. 231f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001. 224 p.

GARCIA, D. M. **Efeito de época de colheita na qualidade do arroz de terras altas submetido à parboilização**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

GOESAERT, H.; BRUS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, n. 1-3, p. 12-30, 2005.

GONZÁLEZ, R. J.; LIVORE, A.; PONS, B. Physico-chemical and cooking characteristics of some rice varieties. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n.1, p. 71-76, 2004.

GUHA, M.; ALI, S.Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyzer pasting behaviour of rice extruded. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 259-266, 1998.

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

HORMDOK, R.; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 40, n. 10, p. 1723-1731, 2007.

IRRI. International Rice Research Institute. "Chalky" discovery could increase value of rice by 25%. 2011. Disponível em:
<http://irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=10860%3Achalky-discovery-could-increase-value-of-rice-by-25&lang=en>. Acesso em: 4 abr. 2012.

ISHYMARU, T.; RORIGANE, A. K.; IDA, M.; IWASAWA, N.; SAN-OH, Y.; NAKASONO, N.; NISHISAWA, N. K.; MASUMURA, T.; KONDO, M.; YOSHIDA, M. Formation do grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress. **Journal of Cereal Science**, London, v. 50, n. 2, p. 166-174, 2009.

ITURRIAGA, L. B.; MISHIMA, B. L de; AÑON, L.C. A study of the retrogradation process in five argentine rice starches. **LWT - Food Science and technology**, v. 43, p. 670-674, 2010.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1979. 186 p.

JULIANO, B. O. **Rice: chemistry and technology**. 2nd ed. Saint Paul: AACC, 1985. 774 p.

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

KARAM, L.B. **Propriedades funcionais de multi-misturas de amido de milho, mandioca e cará e sua relação com as características físicas e moleculares**. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

KIM, S. S.; LEE, S. E.; KIM, O. W.; KIM, D. C. Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.77, n. 3 p. 373-379, 2000.

LAI, H. M. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. **Food Chemistry**, Saint Paul, v. 72, n. 4, p. 475-463, 2001.

LAM-SÁNCHEZ, A.; SANTOS, J. E. dos; TAKAMURA, K.; TREPTOW, R. M. de O.; OLIVEIRA, J. E. D. de. Estudos nutricionais com arroz (*Oryza sativa*, L.). **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 37-48, 1993/94.

LEE, M. H.; BAEK, M. H.; CHA, D. S.; PARK, H. J.; LIM, S. T. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, n. 4, p.345-352, 2002.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P. da; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Quimica Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LISLE, A. J.; MARTIN, M.; FITZGERALD, M. A. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 77, n. 5, p. 627-632, 2000.

LOBATO, L. P.; BENASSI, M. de T.; GROSSMANN, M. V. E. Adição de inulina em géis de amido e leite utilizando planejamento experimental de misturas. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 134-140, 2012.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. de L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 16, n.2, p. 219-226, 2003.

LONGO, S. O consumo de arroz no Brasil e no mundo. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. V. 2, p. 45-52.

LU, S.; CHEN, L. N.; LII, C. Y. Correlations between the fine structure, physicochemical properties, and retrogradation of amylopectins from Taiwan rice varieties. **Cereal Chemical**, Saint Paul, v. 74, n. 1, p. 34-39, 1997.

MARCHEZAN, E.; DARIO, G. J. A.; TORRES, S. Ocorrência de grãos gessados em três cultivares de arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 87-91, 1992.

MARTINÉZ, 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. 3. ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 73 p.

MATSUGUMA, L. S.; LACERDA, L. G.; SCHNITZLER, E.; CARVALHO FILHO, M. A. da S.; FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, I. M. Characterization of native and oxidized starches of two varieties of peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*, B.) from two production areas of Paraná State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 3, p. 701-713, 2009.

MATUDA, T. G.; PESSOA-FILHO, P. A.; TADINI, C. C. Experimental data and modeling of the thermodynamic properties of bread dough at refrigeration and freezing temperatures. **Journal of Cereal Science**, London, v. 53, n. 1, p. 126-132, 2011.

MOHORIC, A.; VERGELDT, F.; GERKEMA, E.; VAN DALEN, G.; VAN DEN DOEL, L. R.; VAN VLIET, L. J.; VAN AS, H.; VAN DUYNHOVEN, J. The effect of rice kernel microstructure on cooking behaviour: A combined U-CT and MRI study. **Food Chemistry**, London v. 115, n. 4,1 p. 491-1499, 2009.

MUCCILLO, R.C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas.** 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

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

NAVES, M. M. V.; BASSINELLO, P. Z. Importância na nutrição humana. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 17-30.

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

OLIVEIRA, M. G. de C.; BASSINELLO, P. Z.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Caracterização da qualidade de diferentes proporções da mistura de arroz tipo 1: branco e parboilizado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.34, n. 2, p. 111-121, 2009.

ONG, M. H.; BLANSHARD, J. M. V. Texture determinants of cooked, parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. **Journal of Cereal Science**, London, v. 21, n. 3, p. 251-260, 1995.

PAIVA, A. P de. **Estudo tecnológico, químico, físico-químico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais**. 2008. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Viçosa, MG, 2008.

PATINDOL, J.; WANG, Y. J. Fine structures and physicochemical properties of starches from chalky and translucent rice kernels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 9, p. 2777-2784, 2003.

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, 2001.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. dos A.; RIBEIRO, V. Q. Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 243-248, 2009.

QI-HUA, L.; XUE-BIAO, Z.; LIAN-QUN, Y.; TIAN, L. Effects of chalkiness on cooking, eating and nutritional qualities of rice in two indica varieties. **Rice Science**, Hangzhou, v. 16, n. 2, p. 161-164, 2009.

RAMESH, M.; ZAKIYUDDIN ALI, S.; BHATTACHARYA, K. R. Structure of rice starch and its relation to cooked-rice texture. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 38, n. 4, p. 337-347, 1999.

ROSO, A. C.; VIDAL, R.A. Culturas resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ALS: revisão de literatura. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 21, p. 13-24, 2011.

ROSO, A. C.; MEROTTO JÚNIOR, A.; DELATORRE, C. A. Bioensaios para diagnóstico da resistência aos herbicidas imidazolinonas em arroz. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 411-419, 2010.

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v.2, 2006.

SEVERO, M. G.; MORAES, K. de; RUIZ, W. A. Modificação enzimática da farinha de arroz visando a produção de amido resistente. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 345-350, 2010.

SILVA, C. C. da; DEL PELOSO, M. J. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na região central-brasileira 2005-2007**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 140 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 193).

SILVA, R. F. da; ASCHERI, J. L. R. Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 190-199, 2009.

SINGH, N.; SODHI, N. S.; KAUR, M.; SAXENA, S. K. Physico-chemical, morphological, thermal, cooking and textural properties of chalky and translucent rice kernels. **Food Chemistry**, London, v. 82, n. 3, p. 433-439, 2003.

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**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 188-194, 2008.

SOAVE, D.; BASTOS, C. R.; AZZINI, L. E.; ZULLO, M. A. T. Teor de amilose em genótipos de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 11-15, 1995.

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**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 2, p. 418-423, 2006.

STORCK, C. R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. 2004. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. Nova Iorque, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TAVARES, J. A. S. **Mudanças físico-químicas e sensoriais de farinhas de arroz submetidas à torração em micro-ondas**. 2010. 220 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004.

TONELLI, E. G. A de. **Desenvolvimento de um equipamento e otimização do processo de produção de arroz expandido**. 1995. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

VIEIRA, C. R. **Extração, hidrólise e remoção de fenilalanina das proteínas de farinha de arroz**. 2007. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

VIEIRA, N. R. de A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 869-900.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WANG, S. H.; MAIA, L. H.; SILVA, L. F. M. da; CABRAL, L. C. Estudo das propriedades reológicas e sensoriais após reconstituição dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 20, n. 1, p. 68-73, 2000.

WOO, M. O.; HAM, T. H.; JI, H. S.; CHOI, M. S.; JIANG, W.; SHU, S. H.; PIAO, R.; CHIN, J. H.; KIM, J. A.; PARK, B. S.; SEO, H. S.; JWA, N. S.; MCCOUCH, S.; KOH, H. J. Inactivation of the UGPase1 gene causes genic male sterility and endosperm chalkiness in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Journal**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 190-204, 2008.

YAMAKAWA, H.; HIROSI, T.; KURODA, M.; YAMAGUCHI, T. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 144, n. 1, p. 258-277, 2007.

YOSHIOKA, Y.; IWATA, H.; TABATA, M.; NINOMIYA, S.; OHSAWA, R. Chalkiness in rice: potential for evaluation with image analysis. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 5, p. 2113-2120, 2007.

ZANÃO, C. F. P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SARMENTO, S. B. S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 46-55, 2009.

ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M.; PEREIRA, J. M.; RADÜNZ, A. L.; ELIAS, M. C.; DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 12, p. 24-30, 2009.

ZAVAREZE, E. da R.; PEREIRA, J. M.; MOURA, F. A.; SPIER, F.; HELBIG, E. Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 13, p. 96-101, 2010.

ZONG, F.; LI, Y.; IBÁÑEZ, 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**, Oxford, v. 23, p. 406-414, 2009.

ZHOU, L.; CHEN, L.; JIANG, L.; ZHANG, W.; LIU, L.; LIU, X.; ZHAO, Z.; LIU, S.; ZHANG, L.; WANG, L.; WAN, J. Fine mapping of the grain chalkiness QTL qPGWC- 7 in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 581-590, 2009.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 8, p. 849-868, 2002.

ZIMMERMANN, F. J. P.; BRAGANTINI, C.; SOARES, D. M.; BIAVA, M.; FREIRE, M. S. Defeitos do grão do arroz e a preferência do consumidor. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 407, p. 3-6, 1993.

APÊNDICE A: COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Apêndice A1. Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de umidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 10,5540 - 0,0966x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,8779$			$C.V. = 3,14$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	1,9590	1,9590	19,530	0,001 ^{**}
Quadrática	1	0,0174	0,0174	0,174	0,686 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,2551	0,0850	0,848	0,499 ^{ns}
Erro	10	1,0031	0,1003		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		10,5540	0,1323		0,0000 ^{**}
X₁		-0,0966	0,0219		0,0013 ^{**}

Apêndice A2. Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de cinzas dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 0,3146 + 0,0024x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,9868$			C.V. = 4,13		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0012	0,0012	6,419	0,030*
Quadrática	1	0,0000	0,0000	0,000	0,984 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0000	0,0000	0,029	0,993 ^{ns}
Erro	10	0,0018	0,0002		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		0,3146	0,0056		0,0000**
X₁		0,0024	0,0009		0,0297*

Apêndice A3. Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de proteínas dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 7,1816 + 0,0209x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,2291$			C.V. = 4,43		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0919	0,0919	0,882	0,370 ^{ns}
Quadrática	1	0,0299	0,0299	0,288	0,604 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,2791	0,0930	0,894	0,4783 ^{ns}
Erro	10	1,0428	0,1041		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		7,1816	0,1348		0,0000 ^{**}
X₁		0,0209	0,0223		0,3698 ^{ns}

Apêndice A4. Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de lipídeos dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 0,3085 + 0,0022x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,0757$			C.V. = 16,50		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0010	0,0010	0,350	0,567 ^{ns}
Quadrática	1	0,0004	0,0004	0,156	0,701 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0114	0,0038	1,374	0,3073 ^{ns}
Erro	10	0,0018	0,0002		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		0,3085	0,0220		0,0000 ^{**}
X₁		0,0022	0,0036		0,5670 ^{ns}

Apêndice A5. Modelo de regressão e análise de variância do conteúdo de carboidratos dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 91,0548 - 0,1323x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² =0,0471			C.V. = 5,92		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	3,6730	3,6730	0,128	0,728 ^{ns}
Quadrática	1	23,9177	23,9177	0,836	0,382 ^{ns}
Falta de ajuste	3	50,4458	16,8153	0,588	0,637 ^{ns}
Erro	10	1,0428	0,1041		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		91,0548	2,2352		0,0000 ^{**}
X₁		-0,1323	0,3691		0,7276 ^{ns}

Apêndice A6. Modelo de regressão e análise de variância do valor energético dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 395,7216 - 0,4256x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,0271$			C.V. = 5,20		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	38,0674	38,0674	0,091	0,769 ^{ns}
Quadrática	1	402,8520	402,8520	0,961	0,350 ^{ns}
Falta de ajuste	3	965,9861	321,9954	0,768	0,537 ^{ns}
Erro	10	4190,5078	419,0508		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		395,7216	8,5538		0,0000 ^{**}
X₁		-0,4256	1,4126		0,7693 ^{ns}

APÊNDICE B: TEOR DE AMILOSE

Apêndice B. Modelo de regressão e análise de variância do teor de amilose dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 25,8965 - 0,1112x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² =0,6001			C.V. = 3,35		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	2,5963	2,5963	3,601	0,087 ^{ns}
Quadrática	1	0,0148	0,0148	0,021	0,889 ^{ns}
Falta de ajuste	3	1,7152	0,5717	0,793	0,525 ^{ns}
Erro	10	7,2096	0,7210		
Parâmetro	Coeficiente estimado		Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média	25,8965		0,3548		0,0000 ^{**}
X₁	-0,1112		0,0583		0,0870 ^{ns}

APÊNDICE C: PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO

Apêndice C1. Modelo de regressão e análise de variância do pico de viscosidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 2814,3203 - 22,0190x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,9798$			$C.V. = 1,46$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	101815,1954	101815,1954	65,170	0.000**
Quadrática	1	942,5388	942,5388	0,603	0,455 ^{ns}
Falta de ajuste	3	1161,3364	387,1122	0.248	0.861 ^{ns}
Erro	10	15623,1176	1562,3118		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		2814,3903	16,5162		0,0000**
X₁		-22,0190	2,7276		0,0000**

Apêndice C2. Modelo de regressão e análise de variância da quebra de viscosidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 797.8995 + 1,9238x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,0167$			$C.V. = 10,78$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	777,1806	777,1806	0,103	0,755 ^{ns}
Quadrática	1	337,8396	337,8396	0,045	0,837 ^{ns}
Falta de ajuste	3	45532,8135	15177,6045	2,003	0,178 ^{ns}
Erro	10	75791,2802	7579,1280		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		797,8995	36,3774		0,0000 ^{**}
X₁		1,9238	6,0076		0,7554 ^{ns}

Apêndice C3. Modelo de regressão e análise de variância da viscosidade final dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 4234,5414 - 32,6303x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² = 0,9851			C.V. = 0,92		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	223594,4646	223594,4646	157,917	0,000**
Quadrática	1	74,4584	74,4584	0,053	0,823 ^{ns}
Falta de ajuste	3	3316,1029	1105,3676	0,781	0,531 ^{ns}
Erro	10	14158,9856	1415,8986		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		4234,5414	15,7232		0,0000**
X₁		-32,6303	-12,567		0,0000**

Apêndice C4. Modelo de regressão e análise de variância da tendência à retrogradação dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 1420,1457 - 10,6108x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,8721$			$C.V. = 2,37$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	23643,7485	23643,7485	22,550	0,001**
Quadrática	1	1546,6289	1546,6289	1,475	0,252 ^{ns}
Falta de ajuste	3	1920,5373	640,1791	0,611	0,623 ^{ns}
Erro	10	10485,1343	1048,5134		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		1420,1457	13,5305		0,0000**
X₁		-10,6108	2,2345		0,0008**

Apêndice C5. Modelo de regressão e análise de variância do tempo de pico dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 5,9598 - 0,0125x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,6180$			$C.V. = 1,14$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0329	0,0329	7,225	0,023*
Quadrática	1	0,0005	0,0005	0,101	0,758 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0199	0,0066	1,455	0,285 ^{ns}
Erro	10	0,0456	0,0046		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		5,9598	0,0282		0,0000**
X₁		-0,0125	0,0047		0,0228*

Apêndice C6. Modelo de regressão e análise de variância da temperatura de pasta dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 78,6900 - 0,0153x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,4045$			$C.V. = 0,27$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0494	0,0494	1,131	0,313 ^{ns}
Quadrática	1	0,0030	0,0030	0,069	0,798 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0697	0,0232	0,532	0,671 ^{ns}
Erro	10	0,4366	0,0437		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		78,6900	0,873		0,0000 ^{**}
X₁		-0,0153	0,0144		0,3126 ^{ns}

APÊNDICE D: TESTE DE COCÇÃO

Apêndice D1. Modelo de regressão e análise de variância da textura dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 2,5603 - 0,0176x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,3539$			C.V. = 19,31		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0652	0,0652	0,286	0,604 ^{ns}
Quadrática	1	0,5067	0,5067	2,223	0,167 ^{ns}
Falta de ajuste	3	1,0442	0,3481	1,527	0,267 ^{ns}
Erro	10	2,2789	0,2279		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		2,5603	0,1995		0,0000 ^{**}
X₁		-0,0176	0,0329		0,6044 ^{ns}

Apêndice D2. Modelo de regressão e análise de variância do tempo de cocção dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 10,1817 - 0,0426x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² =0,3348			C.V. = 4,31		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,3806	0,3806	2,059	0,182 ^{ns}
Quadrática	1	0,3945	0,3945	2,059	0,182 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,3618	0,1206	0,653	0,599 ^{ns}
Erro	10	1,8481	0,1848		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		10,1817	0,1796		0,0000 ^{**}
X₁		-0,0426	0,0297		0,1818 ^{ns}

APÊNDICE E: ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Apêndice E1. Modelo de regressão e análise de variância da dureza dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 350,3514 + 3,4657x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2 = 0,8973$			$C.V. = 5,56$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	4203,9114	4203,9114	10,077	0,005**
Quadrática	1	177,4500	177,4500	0,425	0,522 ^{ns}
Falta de ajuste	3	303,4500	101,1502	0,242	0,866 ^{ns}
Erro	20	8343,8447	417,1922		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		350,3514	6,6110		0,0000**
X₁		3,4657	1,0918		0,0048**

Apêndice E2. Modelo de regressão e análise de variância da adesividade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = -128,5733 - 5,3520x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² =0,8301			C.V. = -21,42		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	10025,3664	10025,3664	9,058	0,007 ^{**}
Quadrática	1	840,3686	840,3686	0,759	0,394 ^{ns}
Falta de ajuste	3	1212,0277	404,0092	0,365	0,779 ^{ns}
Erro	20	32,0000	3,2000		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		-128,5733	10,7681		0,0000 ^{**}
X₁		-5,4657	1,7783		0,0069 ^{**}

Apêndice E3. Modelo de regressão e análise de variância da elasticidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 1,0115 - 0,0048x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,5142$			C.V. = 4,70		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0080	0,0080	3,690	0,069 ^{ns}
Quadrática	1	0,0066	0,0066	3,038	0,097 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0010	0,0003	0,149	0,929 ^{ns}
Erro	20	0,0432	0,0022		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		1,0115	0,0150		0,0000 ^{**}
X₁		-0,0048	0,0025		0,0691 ^{ns}

Apêndice E4. Modelo de regressão e análise de variância da mastigabilidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 194,8693 + 0,6420x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,7172$			$C.V. = 6,37$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	144,2574	144,2574	0,907	0,352 ^{ns}
Quadrática	1	28,0602	28,0602	0,176	0,679 ^{ns}
Falta de ajuste	3	28,9780	9,6593	0,061	0,980 ^{ns}
Erro	20	3181,9481	159,0974		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		194,8693	4,0826		0,0000 ^{**}
X₁		0,6420	0,6742		0,3524 ^{ns}

Apêndice E5. Modelo de regressão e análise de variância da gomosidade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 192,8373 + 1,5826x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² =0,8804			C.V. = 6,04		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	876,6180	876,6180	5,965	0,024*
Quadrática	1	75,3110	75,3110	0,512	0,482 ^{ns}
Falta de ajuste	3	43,7358	14,5786	0,099	0,960 ^{ns}
Erro	20	3181,9481	159,0974		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		192,8373	3,9236		0,0000**
X₁		1,5826	0,6480		0,0240*

Apêndice E6. Modelo de regressão e análise de variância da coesividade dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 0,5512 - 0,0009x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,1247$			$C.V. =3,59$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0003	0,0003	0,758	0,394 ^{ns}
Quadrática	1	0,00005	0,00005	0,121	0,732 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0020	0,0007	1,734	0,192 ^{ns}
Erro	20	0,0077	0,0004		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		0,5512	0,0064		0,0000 ^{**}
X₁		-0,0009	0,0011		0,3943 ^{ns}

APÊNDICE F: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Apêndice F1. Modelo de regressão e análise de variância da transparência dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 2,6268 - 0,0151x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,9112$			$C.V. = 1,95$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	0,0482	0,0482	19,478	0,001**
Quadrática	1	0,0003	0,0003	0,100	0,758 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0044	0,0015	0,599	0,630 ^{ns}
Erro	10	0,0247	0,0025		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		2,6268	0,0208		0,0000**
X₁		-0,0151	-4,4113		0,0013**

Apêndice F2. Modelo de regressão e análise de variância da brancura dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 41,1571 + 0,0752x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
R ² =0,9239			C.V. = 0,89		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	1,1888	1,1888	8,677	0,015*
Quadrática	1	0,0357	0,0357	0,261	0,621 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,0622	0,0207	0,151	0,927 ^{ns}
Erro	10	1,3700	0,1370		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		41,1571	0,1547		0,0000**
X₁		0,0752	0,0255		0,0146*

Apêndice F3. Modelo de regressão e análise de variância do grau de polimento dos tratamentos com substituições de grãos translúcidos por gessados.

$y = 99,1905 + 0,2619x$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
$R^2=0,9498$			$C.V. = 1,78$		
REGRESSÃO	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob>F
Linear	1	14,4048	14,4048	4,501	0,060*
Quadrática	1	0,0357	0,0357	0,011	0,918 ^{ns}
Falta de ajuste	3	0,7262	0,2421	0,076	0,972 ^{ns}
Erro	10	32,0000	3,2000		
Parâmetro		Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa		Prob> T
Média		99,1905	0,7475		0,0000**
X₁		0,2619	0,1234		0,0599 ^{ns}

**Anexo A: Método colorimétrico para a determinação de açúcares (Fenol-sulfúrico),
conforme Dubois et al. (1956)**

Reagentes:

- ácido sulfúrico: 95,5%, densidade 1,84
- fenol – 80% (por peso)

Aparelhagem:

- Espectrofotômetro
- Tubos de ensaio de 25 mL
- Pipetas de 0,1; 1,0; 10 mL
- Balão volumétrico de 250 mL
- Balança analítica

Procedimentos:

- Curva padrão (amostra de 10 a 90 µg de glicose):

Pesar 15 mg de glicose e diluir para 250 mL (solução estoque)

Pipetar da solução estoque em tubos de ensaio previamente preparados em duplicata 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5 mL, e, colocar 1,8; 1,5; 1,2; 1,0; 0,8; 0,5 mL de água, respectivamente.

Em seguida, adicionar 0,8 mL de fenol e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado a todos os tubos.

Os tubos devem ser deixados em repouso por 10 minutos. Em seguida, são agitados e colocados em banho de 25°C por 20 minutos.

A absorbância da cor amarelo-alaranjado é lida a 490 nm.

O branco é preparado substituindo a solução de açúcar por água destilada.

A quantidade de açúcar pode ser determinada pela curva padrão.

- Amostra:

Pesar 200 mg da amostra e diluir para 100 mL.

Retirar alíquota de 2 mL e diluir para 50 mL.

Continuar o procedimento assim como na curva padrão.

Para o cálculo da quantidade de açúcares se deve ter em conta as diluições e comparar com a curva padrão.