

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



Dissertação

**EFEITOS DOS REDUTORES DE pH NA ÁGUA DE ENCHARCAMENTO NA
PARBOILIZAÇÃO SOBRE PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS GRÃOS
DE ARROZ**

Jorge Tiago Schwanz Göebel

Pelotas, 2015

Jorge Tiago Schwanz Göebel

**Efeitos dos redutores de pH na água de encharcamento na parboilização
sobre propriedades tecnológicas dos grãos de arroz**

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

Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Coorientador: Prof. Dr. Maurício de Oliveira

Pelotas, 2015

Jorge Tiago Schwanz Göebel

**Efeitos dos redutores de pH na água de encharcamento na parboilização
sobre propriedades tecnológicas dos grãos de arroz**

Dissertação apresentada como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 08/06/2015

Banca examinadora:

.....

.....

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof^a. Dr^a. Giniani Carla Dors, Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal de Rio Grande.

.....

.....

Pós-Doutorando Dr Nathan Levien Vanier, Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

.....

.....

Pós-Doutorando Dr Rafael de Almeida Schiavon, Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G593e Göebel, Jorge Tiago Schwanz

Efeitos dos redutores de pH na água de encharcamento na parboilização sobre propriedades tecnológicas dos grãos de arroz./ Jorge Tiago Schwanz Göebel. – Pelotas, 2015.
64 f. : il. color. ; 28 cm.

Orientador: Dr. Moacir Cardoso Elias.

Coorientador: Dr. Maurício de Oliveira

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.

1. Agronomia. 2. Arroz. 3. *Oryza sativa* L. 4. Parboilização.
5. Parâmetros de qualidade. I. Elias, Moacir Cardoso.
II. Maurício de Oliveira. III. Título.

CDD 633.18

Bibliotecária Responsável:
Francine Couto de Oliveira CRB 10/2183

**Dedico esse trabalho a meus pais, Jorge e
Selda, e as meus irmãos Jones e João**

Agradecimentos

A Deus, por me guiar e proteger pelos caminhos percorridos durante a vida e me ajudar na tomada de decisões, pelas oportunidades colocadas em meu caminho ao longo desse período e pela força para encará-las.

Aos meus pais, Jorge e Selda, pessoas admiráveis, compreensivas, carinhosas e dedicadas, por todo o amor, carinho e apoio que me dão ao longo de toda a minha vida, incentivando e repreendendo, sempre nos momentos certos. São os pilares da minha vida.

Aos meus irmãos Jones e João, somos amigos eternos.

Ao professor e orientador Dr. Moacir Cardoso Elias, pelo apoio e orientação, desde os primeiros dias que estive nessa Faculdade, oportunizando crescimento pessoal e profissional ao longo desse tempo no Laboratório de Grãos. Serás sempre lembrado pelos ensinamentos pessoais e profissionais proporcionados.

Ao coorientador Professor Dr. Maurício de Oliveira, pelos ensinamentos proporcionados durante a Graduação e o Mestrado.

Aos colegas de pós-graduação e amigos, Doutorandos Valmor Ziegler, e Cristiano Dietrich Ferreira, Professor Doutor Ricardo Tadeu Paraginski e Pós-Doutorando Nathan Levien Vanier, pela oportunidade de trabalharmos juntos e por me ajudarem sempre que precisei, esclarecendo eventuais dúvidas, construindo o conhecimento de forma conjunta, meu eterno agradecimento.

Aos professores do DCTA Alvaro Renato Guerra Dias, Ângela Maria Fiorentini, Cesar Valmor Rombaldi, Elessandra da Rosa Zavareze, Fábio Clasen Chaves, Leonardo Nora e Manoel Artigas Schirmer, pelas contribuições ao longo de período de mestrado no programa.

Aos integrantes do LABGRÃOS, colegas doutorandos, mestrandos e estagiários, pela excelente acolhida e convivência desde quando cheguei nesse meio.

À Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul, muito obrigado.

RESUMO

GÖEBEL, Jorge Tiago Schwanz. **Efeitos dos redutores de pH na água de encharcamento na parboilização sobre propriedades tecnológicas dos grãos de arroz.** 2015, 64 f Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

O arroz é dos cereais mais consumidos no mundo, sendo fonte de carboidratos, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas, principalmente do complexo B. Os grãos de arroz podem ser beneficiados por processo convencional ou de parboilização. Sendo que no Brasil o consumo de arroz parboilizado é crescente e por isso as indústrias e instituições de pesquisa tem procurado aprimorar as técnicas deste processo, no encharcamento e autoclavagem. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do uso de reguladores de pH na etapa de encharcamento sobre as propriedades tecnológicas dos grãos de arroz parboilizados. Foram utilizados grãos produzidos em Pelotas, Rio Grande do Sul, colhidos mecanicamente e secos até 13% de umidade. Na água de encharcamento foram utilizados ácidos tartárico, cítrico e láctico, como redutores de pH, nas concentrações de 0,00; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,00%. Observou aumento dos sólidos lixiviados da condutividade elétrica da água de encharcamento e do rendimento de grãos inteiros em todas as concentrações. Por outro lado, houve redução da cor, na turbidez, no pH da água após o encharcamento, do tempo de cocção e dos parâmetros do perfil texturométrico. No entanto na composição química, a incidência de defeitos e os rendimentos gravimétrico e volumétrico na cocção não foram alteradas. Quanto as propriedades viscoamilográficas (RVA) houve um aumento no pico de viscosidade, na viscosidade de quebra, na viscosidade final e na retrogradação, principalmente observadas nas concentrações de 0,60 e 0,80%.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.. Parboilização. Parâmetros de qualidade.

ABSTRACT

GÖEBEL, Jorge Tiago Schwanz. **Effects of regulators use in the soaking water in parboiled on technological properties of rice grains**. 2015, 72 f. Dissertation (M.Sc in Food Science and Technology) - Graduate Program in Science and Food Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2015.

Rice is the most consumed cereal in the world, a source of carbohydrates, proteins, lipids, minerals and vitamins especially B complex before the product is marketed, can be benefited by conventional process or be parboiled. As consumption of parboiled rice in Brazil is growing, industries and research seeking to improve the techniques of parboiling process in seeking to improve. The objective with the study was to evaluate effect of pH regulators use the soaking water on technological properties of parboiled rice grains. Grains were used produced in Pelotas in Rio Grande do Sul, mechanically harvested and dried to 13% moisture. In water flooding tartaric, citric and lactic acids are used as pH adjusters, at concentrations of 0.00, 0.20, 0.40 0.60 0.80 1.00%. The results indicate increased leached solids, conductivity soaking in water and reduced the color, turbidity and the pH of the water after soaking. And improvements in branquimétrico and colorimetric perfiis, with decrease in pH of the soaking water, cooking time and the parameters of textuométrico profile (hardness, adhesiveness, gumminess and chewiness), with increases in yield of whole grains. The chemical composition, the incidence of defects, gravimetric and volumetric yields in the cooking aletaram not. In viscoamylographic properties (RVA) there was an increase in peak viscosity, the breaking of viscosity in the final viscosity and retrogradation. Citric acid showed the best results.

Keywords: *Oryza sativa* L.. Parboiled. Quality parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de produção de arroz no Brasil.....	15
Figura 2	Principais países importadores do Brasil.....	17
Figura 3	Estrutura anatômica do grão de arroz.....	18
Figura 4	A) Estrutura da amilose B) Estrutura da amilopectina.....	20
Figura 5	Molécula de ácido tartárico.....	25
Figura 6	Molécula de ácido cítrico.....	25
Figura 7	Molécula do ácido láctico.....	27
Figura 8	Gráfico de isotermas para 60, 65 e 70°C.....	29
Figura 9	Grãos de arroz após o polimento.....	30
Figura 10	Gráficos de RVA do arroz parboilizados com reguladores de na água de encharcamento pH.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores percentuais máximos de tolerância (%) para classificação de arroz comercializado em casca natural pela atual legislação (In nº 6 de 16 de fevereiro de 2009 MAPA).	16
Tabela 2	Composição do grão de arroz integral, branco polido e parboilizado polido expresso em base seca.....	19
Tabela 3	Delineamento experimental.....	28
Tabela 4	Valores de pH da água, com a adição dos redutores de pH, antes do encharcamento dos grãos.....	29
Tabela 5	Programação do RVA utilizada nas análises viscoamilográficas.....	35
Tabela.6	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o perfil colorimétrico da água após o encharcamento.....	38
Tabela 7	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre a turbidez (UNT) (Unidade Nefelométrica de Turbidez) da água após o encharcamento.	39
Tabela 8	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre os sólidos lixiviados (g.L^{-1}) da água após o encharcamento.....	40
Tabela 9	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre a condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) da água após o encharcamento.....	40
Tabela 10	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o pH da água após o encharcamento.....	41
Tabela 11	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre a composição proximal do arroz parboilizado (%), expresso em base úmida.....	42
Tabela.12	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o teor de grãos inteiros (%) e quebrados (%).....	44

Tabela 13	Efeito da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre defeitos metabólicos (%) e defeitos não metabólicos (%) de grãos parboilizados.....	45
Tabela 14	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento sobre o grau de gelatinização (%) do arroz parboilizado.....	46
Tabela 15	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o valor b* e o valor a* do arroz parboilizado.....	48
Tabela 16	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o valor BR* do arroz parboilizado.....	49
Tabela 17	Efeitos da adição da redução de pH na água de encharcamento, sobre o tempo de cocção (min.) do arroz parboilizado.....	50
Tabela 18	Efeitos da adição dos redutores de pH na água de encharcamento, sobre a dureza (N), Gonoidade (N) e Mastigabilidade (Ns ⁻¹) do arroz parboilizado.....	51
Tabela 19	Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre rendimento gravimétrico (%) e rendimento volumétrico (%) de grãos parboilizados.....	52
Tabela 20	Efeitos da adição de ácido tartárico como redutor de pH, na água de encharcamento, sobre as propriedades viscoamilográficas (RVA) do arroz parboilizado.....	53
Tabela 21	Efeito da adição de redutor de pH (ácido cítrico), na água de encharcamento, sobre as propriedades viscoamilográficas (RVA) do arroz parboilizado.....	53
Tabela 22	Efeitos da adição de redutor de pH (ácido láctico), na água de encharcamento, sobre as propriedades viscoamilográficas (RVA) do arroz parboilizado.....	54

SUMÁRIO

1 Introdução.....	13
2 Revisão bibliográfica.....	14
2.1 Produção e importância do arroz	14
2.2 Composição do grão de arroz.....	17
2.3 Parboilização do arroz.....	22
2.4 Redutores de pH.....	24
3 Material e métodos.....	27
3.1 Material.....	27
3.2 Delineamento experimental.....	27
3.2.1 Preparo das amostras.....	28
3.2.2 Parboilização.....	29
3.3 Avaliações	31
3.3.1 Parâmetros da água de encharcamento.....	31
3.3.1.1 Perfil colorimétrico.....	31
3.3.1.2 Turbidez.....	31
3.3.1.3 Sólidos lixiviados.....	31
3.3.1.4 Condutividade elétrica.....	31
3.3.1.5 pH da solução.....	31
3.3.2 Parâmetros tecnológicos dos grãos.....	32
3.3.2.1 Composição química básica	32
3.3.2.2 Rendimento de grãos inteiros.....	32
3.3.2.3 Incidência de defeitos.....	32
3.3.2.4 Grau de gelatinização.....	33
3.3.2.5 Perfil colorimétrico.....	33
3.3.2.6 Perfil branquimétrico.....	33
3.3.2.7 Tempo de cocção.....	33
3.3.2.8 Perfil texturométrico.....	34
3.3.2.9 Rendimento gravimétrico e volumétrico.....	35
3.3.2.10 Propriedades viscoamilográficas (RVA).....	35
3.3.2.11 Análise estatística.....	36
4 Resultados e discussão.....	37
4.1 Parâmetros da água de encharcamento.....	37

4.1.1 Perfil colorimétrico.....	37
4.1.2 Turbidez.....	38
4.1.3 Sólidos lixiviados.....	39
4.1.5 Condutividade elétrica.....	40
4.1.6 pH da água de encharcamento após a parboilização.....	41
4.2 Parâmetros tecnológicos do grãos.....	41
4.2.1 Composição química básica	41
4.2.2 Rendimento de grãos inteiros.....	43
4.2.3 Incidência de defeitos.....	44
4.2.4 Grau de gelatinização.....	45
4.2.5 Perfil colorimétrico.....	46
4.2.6 Perfil branquimétrico.....	48
4.2.7 Tempo de cocção.....	49
4.2.8 Perfil textuométrico.....	50
4.2.9 Rendimento gravimétrico e volumétrico.....	51
4.2.10 Propriedades viscoamilográficas (RVA).....	52
5 Conclusões.....	57
5 Referencias	58

1 INTRODUÇÃO

O arroz é um cereal produzido em diversas regiões do mundo e consumido por pelo menos 2/3 da população. O consumo do arroz se divide em vários subgrupos: branco polido, integral, parboilizado integral e parboilizado polido, sendo o arroz branco polido o mais consumido mundialmente.

O arroz parboilizado apresenta um menor percentual de consumo, quando comparado ao arroz branco polido, principalmente por suas características marcantes de cor, textura, sabor e odor. No entanto, apresenta melhor desempenho industrial, tecnológico e melhores propriedades nutricionais.

A parboilização consiste nas etapas de encharcamento, autoclavagem e secagem. A etapa de encharcamento consiste em uma operação hidrotérmica, onde ocorre a hidratação do grão de arroz em casca, sendo essa realizada por um determinado tempo e temperatura previamente com a função de disponibilizar umidade para o amido no interior do grão, na etapa de autoclavagem para promover a gelatinização do amido.

Durante o processo de parboilização dos grãos de arroz ocorre a gelatinização do amido, a desnaturação proteica e reações de oxidação. Em geral, após a parboilização, os grãos de arroz apresentam uma coloração amarela ou levemente escura, proveniente da difusão de pigmentos da casca e do farelo para o interior dos grãos. O escurecimento dos grãos também pode ser resultado da reação de *Maillard* ou ainda a associação de produtos de oxidação lipídica com substâncias carboxílicas que formam pigmentos escuros.

Nesse contexto, considerando a importância da tecnologia e nutricional do arroz parboilizado, estudos visando melhorias nas características de cor, textura, sabor e odor, visando melhorar as características desse produto se tornam relevantes. Desta forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o uso de redutores de pH na água de encharcamento e o efeito nas propriedades tecnológicas dos grãos parboilizados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção e importância do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado atualmente é uma planta da família Poaceae, do gênero *Oryza*. Para expressar todo potencial produtivo, a cultura requer temperatura na faixa dos 24 a 30°C e com uma incidência de radiação solar elevada. A duração do ciclo da planta varia de 100 a 150 dias dependendo das cultivares e do sistema de cultivo (Embrapa, 2015).

O Brasil é o nono maior produtor mundial com 11,5 milhões de toneladas na safra 2012/2013 (FAO, 2014). Os oito maiores produtores mundiais são: China, Índia, Indonésia, Vietnã, Tailândia, Bangladesh, Myanmar e Filipinas. Os principais estados produtores do Brasil são o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, juntos respondem por 76% da produção brasileira (CONAB, 2015). A produção brasileira de arroz aumentou 4% na última safra em relação à anterior. Um mapa geográfico da produção brasileira de arroz pode ser observado na Figura 1.

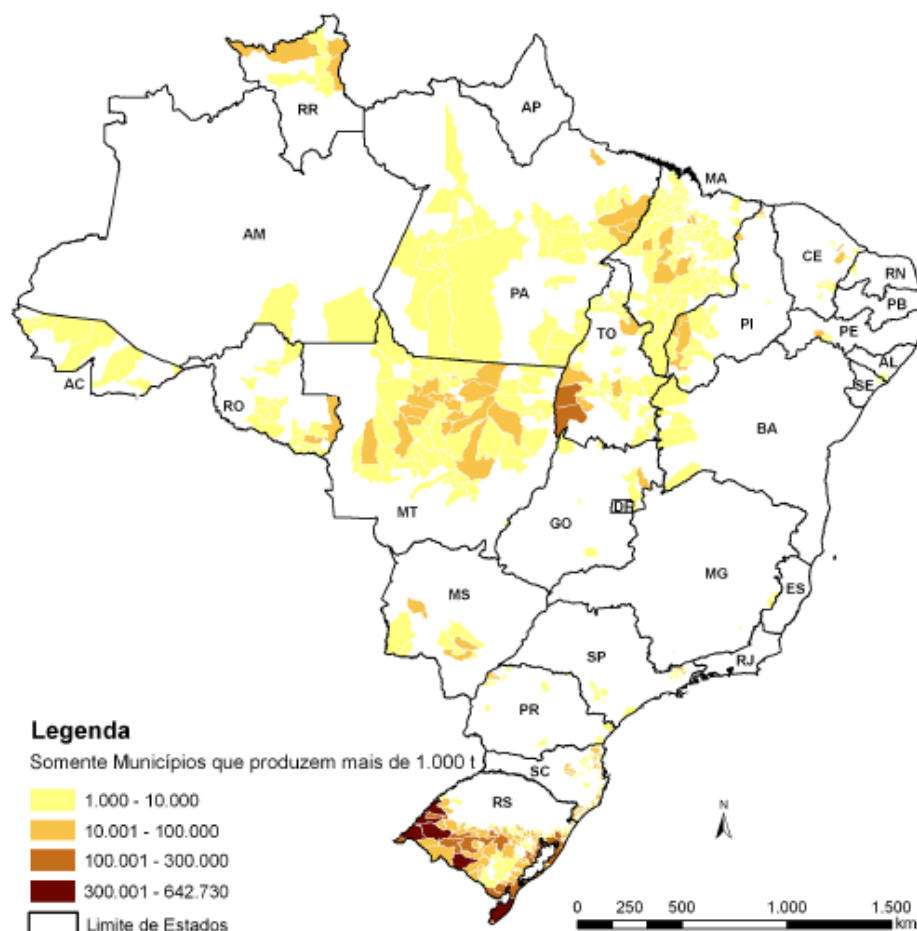


Figura 1 - Mapa de produção de arroz no Brasil
Fonte: CONAB (2015)

Atualmente, a tipificação de arroz para a comercialização no Brasil segue as normas da Instrução Normativa N° 6 de 16 de fevereiro de 2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), onde o arroz é classificado em seis subgrupos: Arroz em Casca Natural, Arroz em Casca Parboilizado, Arroz Beneficiado Integral, Arroz Beneficiado Parboilizado Polido, Arroz Beneficiado Parboilizado Integral e Arroz Beneficiado Polido, com 5 tipos de classificação para cada. Para o arroz em casca natural, os percentuais de tolerância estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores percentuais máximos de tolerância (%) para classificação de arroz comercializado em casca natural pela atual legislação (In nº 6 de 16 de fevereiro de 2009 MAPA).

Tipo	Ardidos	Picados ou Manchados	Gessados e Verdes	Vermelhos e Pretos	Amarelos
1,00	0,15	1,75	2,00	1,00	0,50
2,00	0,30	3,00	4,00	1,50	1,00
3,00	0,50	4,50	6,00	2,00	2,00
4,00	1,00	6,00	8,00	3,00	3,00
5,00	1,50	8,00	10,00	4,00	5,00

Fonte: Brasil (2009).

O arroz é considerado pela FAO a espécie com maior potencial para combater a fome no mundo, por ser uma cultura extremamente rústica e por fornecer 20% da energia e 15% das proteínas necessárias ao homem. O arroz é um alimento nutricionalmente balanceado (contém carboidrato, proteínas, lipídios, vitamina, minerais e compostos bioativos). O consumo brasileiro de arroz é de aproximadamente 50 kg.hab.ano⁻¹ (base casca), inferior ao consumo mundial de 84,8 kg.hab.ano⁻¹. Nos países, desenvolvidos o consumo é de 16,7 kg.hab.ano⁻¹ (FAO, 2015).

O arroz tem uma grande importância mundial, sendo um alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas. É a principal fonte de energia na dieta da metade da população mundial (HU et al., 2004). As exportações do arroz vem crescendo nos últimos anos no Brasil, sendo os principais destinos: Benin, Cuba, Senegal, Venezuela, Gâmbia, Nicarágua e Serra Leoa (CONAB, 2015), conforme observado na Figura 2.

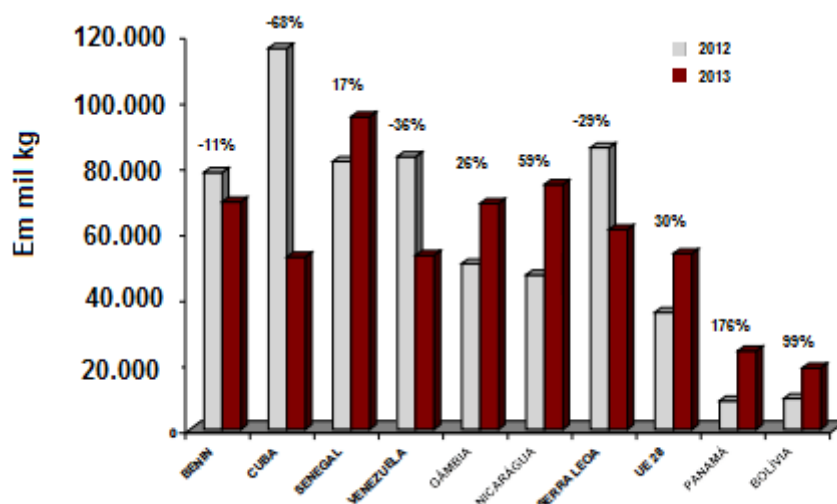


Figura 2- Principais países importadores de arroz do Brasil

Fonte: CONAB (2015).

2.2 Composição do grão de arroz

Na estrutura do grão de arroz em casca existem diversos tecidos (Figura 3). Cada um apresenta estrutura e composição química diferentes. Na casca a predominância é de celulose e sílica (GUTOSKI, ELIAS, 1994); no endosperma, o amido é o principal constituinte (ZHOU et al, 2002); no germe é onde se encontra a maior concentração de lipídios (MOONGNGARMA, DAOMUKDA, KHUMPIKA, 2012); e nas camadas mais periféricas, da aleurona, se encontram as vitaminas do complexo B (WALTER, MARCHEZAN, AVILA, 2008).

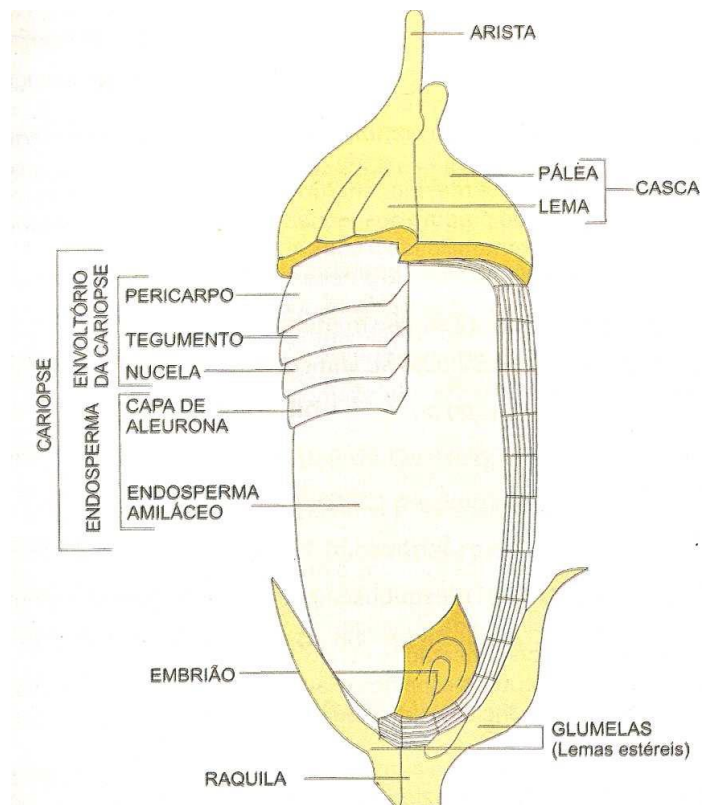


Figura 3 - Estrutura anatômica do grão de arroz

Fonte: VIEIRA, CARVALHO (1999).

As camadas externas (aleurona) apresentam as maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido. Em relação à composição química dos grãos de arroz, vários estudos têm sido realizados para melhorar a sua composição, através do melhoramento genético, fatores climatológicos e agronômicos (SINGH et al., 2011). Conforme os dados de Denardin et al., (2004), apresentados na Tabela 2, verifica-se a redução na concentração de proteína, lipídio, cinzas e fibras, e proporcionalmente aumento dos carboidratos (amido) durante o polimento.

Tabela 2 - Composição do grão de arroz integral, branco polido e parboilizado polido expresso em base seca.

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

Fonte: Adaptado de DENARDIN et al. (2004).

O amido é o principal carboidrato de reserva dos vegetais, sendo também o maior constituinte encontrado no arroz. Em um grão de arroz beneficiado polido o teor de amido pode ser de 90%, estando majoritariamente concentrado no endosperma (ZHOU et al., 2002). No arroz cozido, o amido é responsável por influenciar o perfil textuométrico (viscosidade, dureza, potabilidade, gomosidade e elasticidade) e o tempo de cocção (PARK et al., 2012).

O amido apresenta formas e tamanhos variados, dependendo da fonte botânica do amido, sendo ele um polissacarídeo composto por macromoléculas de amilopectina e amilose (Figura 4). A amilose é formada por ligação glicosídicas α -1,4, formando cadeias lineares. Por outro lado a amilopectina é constituída por moléculas de glicose com ligações α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada.

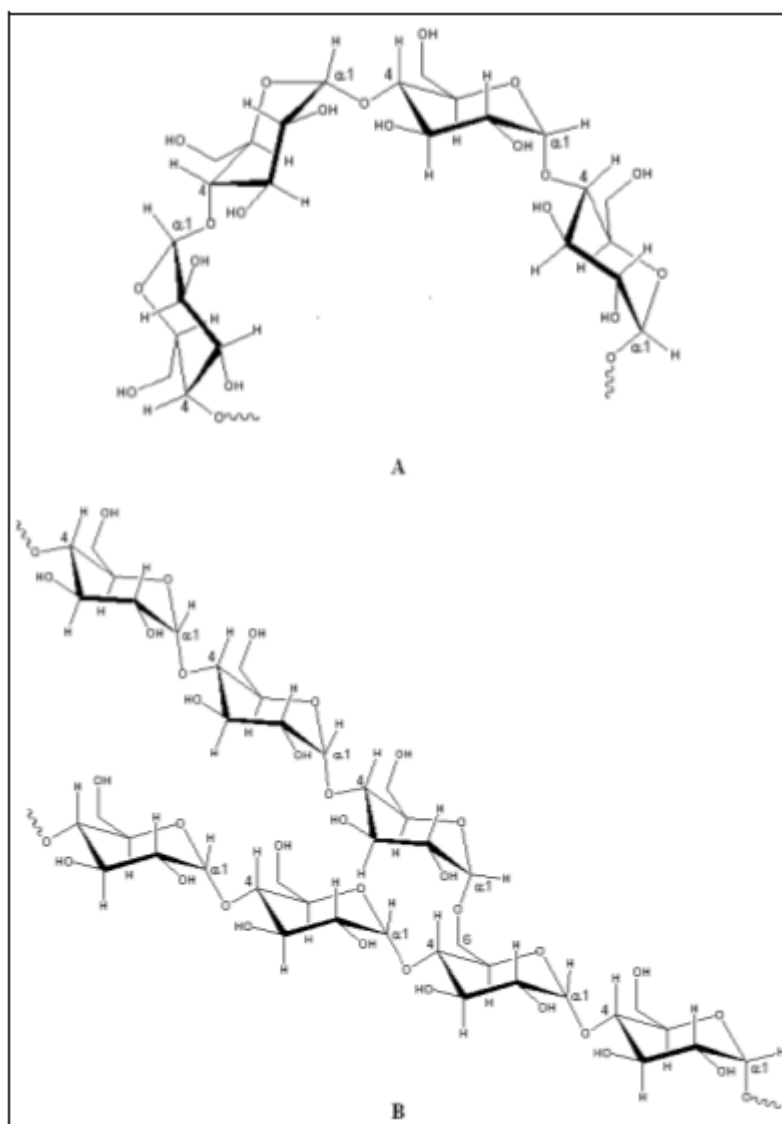


Figura 4 A) Estrutura da amilose B) Estrutura da amilopectina

Fonte: Lajolo e Menezes (2006).

Denardin e Silva (2009) relatam diversas pesquisas que avaliam a relação existente entre a composição molecular do amido e as propriedades físico-químicas, o que é resultado da variação na concentração de amilose e amilopectina. O comprimento das cadeias e o grau de cristalinidade da amilopectina estão relacionados diretamente com a gelatinização, a retrogradação, as características de inchamento e a lixiviação do grânulo do amido.

A amilopectina tem maior importância na estruturação do amido, pois ela dá a estrutura ao grânulo. A amilose está localizada entre as cadeias de amilopectina, entrelaçada nas regiões cristalinas e amorfas da amilopectina. A

amilose possui uma cadeia maior e com uma visualização helicoidal, podendo ser lixiviada para fora do grânulo (TESTER et al., 2004). Nesse contexto, várias alterações nas características sensoriais e de cocção do arroz estão atribuídas às mudanças nas propriedades do amido (TEO et al., 2000).

Os carboidratos representam o maior constituinte no grão de arroz e a proteína o segundo constituinte (8 %), apresentando um bom balanceamento do perfil de aminoácidos, contendo oito aminoácidos essenciais, com a maior concentração de lisina quando comparado com os outros cereais (GUNARATNE et al., 2013)

Gunaratne et al. (2013), estudando o perfil de aminoácidos em diferentes variedades de arroz, verificaram que o aminoácido mais abundante foi o ácido glutâmico, enquanto que a histidina foi o aminoácido encontrado em menor concentração.

A proteína encontrada no arroz é a orizenina, que pertence a classe das glutelinas e está presente em 80% da proteína do arroz. As globulinas, prolaminas e albuminas são encontradas no arroz, mas com menor concentração (MARTIN, FITZGERALD, 2002).

Entre os diferentes tipos de beneficiamento de arroz, Heinemann et al. (2005) compararam a composição centesimal do arroz beneficiado, polido, integral, parboilizado polido e parboilizado integral, os autores não verificaram diferenças entre os grãos de arroz parboilizado e não parboilizado, mas sim em função do polimento do arroz.

O polimento remove o embrião, juntamente com o pericarpo e a camada de aleurona, compondo o farelo de arroz. Deste processo, realizado no arroz integral, obtém-se o arroz polido, sendo que o embrião (gérmen) contém em torno de 21 % de óleo(MOONGNGARMA, DAOMUKDA, KHUMPIKA, 2012).

O farelo obtido do polimento é altamente instável e a extração de óleo deve ser realizada o mais rápido possível.

Há uma pequena predominância dos minerais no grão de arroz, que estão presentes nas camadas mais periféricas e o processo de polimento reduz a concentração desses importantes componentes (SINGH et al., 2000).

No arroz, as vitaminas mais encontradas são as do complexo B, principalmente tiamina e riboflavina (WALTER, MARCHEZAN, AVILA, 2008). As vitaminas podem ser classificadas de acordo com sua solubilidade, sendo

hidrossolúveis e lipossolúveis. Nas hidrossolúveis fazem parte as vitaminas do complexo B e a vitamina C. Já no grupo das lipossolúveis estão as vitaminas A, D, E e K. Algumas evidências mostram que o arroz parboilizado polido apresenta maior teor de vitaminas totais em relação ao arroz não parboilizado polido, Isso ocorre por que vitaminas hidrossolúveis migram das camadas periférica para o interior do grão na etapa de encharcamento, durante a parboilização (AMATO e ELIAS, 2005).

2.3 Parboilização do arroz

A parboilização consiste nas etapas de encharcamento, autoclavagem e secagem. A etapa de encharcamento consiste em uma operação hidrotérmica, onde ocorre a hidratação do grão de arroz em casca, sendo essa realizada por um determinado tempo e temperatura previamente determinados pelas curvas de isotermas. O fundamento da hidratação é disponibilizar umidade para o amido no interior do grão. Nessa etapa a umidade dos grãos supera os 30%. Na absorção de água ocorre a difusão das substâncias solúveis em água que, desta forma, migram para o interior do grão de arroz (AMATO e ELIAS, 2005).

Na autoclavagem, o arroz é submetido à pressão (0,5 Kgf.cm²) e temperatura (110°C) maiores, com objetivo de promover a gelatinização do amido, promovendo uma reestruturação do grão (AMATO e ELIAS, 2005).

A secagem é a ultima etapa do processo de parboilização, que antecede o beneficiamento convencional, e tem por objetivos reduzir a umidade dos grãos para manter a qualidade durante o armazenamento e a vida de prateleira, além de regular o percentual de umidade em uma faixa que possibilite obter o máximo rendimento no beneficiamento industrial em termos de grãos inteiros (AMATO e ELIAS, 2005).

Na parboilização dos grãos de arroz observam-se principalmente modificações relacionadas as características físico-químicas dos grãos. Sendo a mais conhecida a gelatinização do amido, que causa alterações na forma do amido e na cristalinidade, tornando possível a obtenção de grãos mais firmes, duráveis e resistentes à quebra, se compararmos com os grãos brancos (DORS et al., 2009).

A operação de encharcamento no processo de parboilização resulta em um arroz com melhores propriedades nutricionais, com aumento dos conteúdos

de minerais e vitaminas, fibras e amido resistente. O amido resistente é uma fibra funcional que possui cor branca, sabor neutro e pequeno tamanho de partículas, possibilitando formular produtos com maior apelo e maior palatabilidade (SAJILATA et al., 2006; PEREIRA, 2007).

Segundo Sujatha et al. (2003), a parboilização do arroz garante um grão mais rico em proteínas, gorduras, cinzas e fibras, porém observou redução dos conteúdos de açúcares e amilose, quando comparado com arroz beneficiado polido.

Em estudo realizado por Paraginski et al. (2014), ficou demonstrado que o processo de parboilização alterou negativamente o perfil colorimétrico, tempo de cocção e o perfil texturométrico do arroz, quando comparado com o arroz branco. No entanto, foram observados melhorias no rendimento de inteiros, no rendimento gravimétrico e volumétrico.

A parboilização altera negativamente as propriedades de cor e textura dos grãos, sendo essas alterações diretamente acusadas pelos consumidores (HEINEMANN et al., 2005). O escurecimento dos grãos é vinculado a várias possibilidades, podendo ser causada pela migração de pigmentos da casca e do farelo para o grão, ou ainda pelo escurecimento químico (Maillard) ou por reações enzimáticas durante o encharcamento (BHATTACHARYA, RAO, 1966; BROWNING et al., 2006). Os estudos mais recentes apontam que o escurecimento, proveniente do processo de parboilização, está relacionado com a reação de Maillard, pela reação de grupos carbonila, de açúcares redutores, e grupos amino dos aminoácidos, formando pigmentos escuros denominados melanoidinas (LAMBERTS et al., 2008; MORALES et al., 2004). A parboilização pode acarretar em redução de alguns aminoácidos essenciais, principalmente da lisina, além da redução da digestibilidade da proteína.

Como o principal limitante do arroz parboilizado é a cor escura, uma maneira possível para melhorar este parâmetro foi utilizar bissulfito de sódio no encharcamento para inibir a formação dos compostos responsáveis pelo escurecimento (VANIER, et al., 2015). No entanto, outros estudos, buscando melhorar ainda mais as características sensoriais e de coloração dos grãos ainda se fazem necessário.

2.4 Redutores de pH

Nos dias de hoje, os consumidores exigem produtos com melhores características de sabor, textura, cor, teor de vitamina, aroma e aparência geral. Dessa forma, uma das maneiras para se conseguir manter ou melhorar estas características dos alimentos é a utilização de aditivos (reguladores de pH ou antioxidantes) e tratamentos térmicos (LANDL et al., 2010).

Uma prática muito comum é utilizar aditivos para evitar o escurecimento de diversos alimentos. Esses aditivos alimentares de origem sintética ou natural são adicionados aos alimentos para preservar a cor, o sabor, o gosto e a aparência, ou ainda, para melhorar tais propriedades no produto final (EVANGELISTA, 2000).

Acidulantes são substâncias que aumentam a acidez e/ou proporcionam um sabor ácido aos alimentos. Os ácidos podem exercer ação conservante nos alimentos pela redução do pH, protegendo o mesmo contra o crescimento de micro-organismos e garantindo a cor e a qualidade do produto por um período mais prolongado (DAMODARAN, PARKIN FENNEMA, 2010).

A utilização de ácidos orgânicos como reguladores de pH em alimentos com pH superior a 4,5 é muito utilizada em enlatados para garantir a conservação do alimento (ABBATEMARCO, RAMASWAMY, 1994). Os acidulantes são adicionados aos alimentos processados com diferentes propósitos, como garantir a conservação e produzir sabores e aromas característicos. Um fator importante a ser considerado na hora de escolher o acidulante é o poder de influenciar no pH do alimento (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010).

Os reguladores de pH apresentam ação redutora e junto com seus sais neutros, compõem um dos principais grupos de antioxidantes empregados em produtos vegetais, prevenindo o escurecimento dos mesmos (SAPERS, MILLER, 1998). Outro propósito da adição de ácidos em alimentos, é manutenção do pH do meio abaixo do ótimo para a ação catalítica de enzimas em alimentos (ZEMEL et al., 1990).

A utilização de ácidos orgânicos melhora as propriedades tecnológicas dos grãos e promove um aumento da digestibilidade, proporcionando melhor palatabilidade, pois mascara gostos desagradáveis ou indesejados (RODRIGUES, 2006).

Uma prática muito comum no Japão é cozinhar a arroz velho (arroz armazenado por um longo período) adicionando vinagre ou sucos de frutas cítricas para melhorar a textura, bem como suas propriedades nutricionais e sensoriais (HATAE et al.,1995).

Um estudo realizado por Ohishi (2003) avaliou o efeito da adição de ácido acético na água de cozimento do arroz onde foi observada maior degradação da proteína de arroz quando comparado ao arroz cozido sem a adição desse ácido. Essa degradação foi associada a redução de pH da água, proporcionando a degradação da proteinase aspártica, principalmente a glutelina, sugerindo que dissolução e degradação de proteínas pode acelerar a absorção, o inchamento e a gelatinização do amido de arroz.

Segundo Ohishi (2007), a adição de ácido acético altera as propriedades viscoamilográficas (RVA) da farinha do arroz, verificada pela redução da viscosidade máxima quando comparado com o controle (sem a adição de ácido acético). Para o amido, nas mesmas condições, houve alteração de apenas 4 %, o que está associado com a degradação da proteinase aspártica.

A Instrução Normativa nº46 de 23 de Outubro de 2007, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), regulamenta a adição de acidulantes aos alimentos, sendo que o ácido láctico e cítrico não apresentam limitação quando a concentração de sua adição, enquanto que o ácido tartárico deve obedecer um limite máximo de 0,5% no produto final.

O ácido tartárico é um composto orgânico de nomenclatura oficial Ácido 2,3-dihidroxibutanetadico, representado pela fórmula química $C_4H_6O_6$, possui em sua estrutura funções do tipo ácido carboxílico e álcool, é solúvel em água, encontrando naturalmente no estado sólido (cristais), de cor branca ou transparente, inodoro, de sabor fortemente ácido, estável ao ar e à luz e biodegradável. A sua estrutura esta demonstrada na Figura 5.

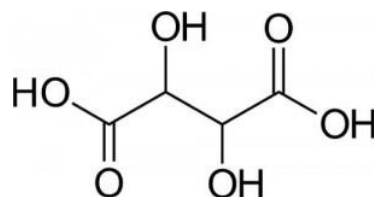


Figura 5 - Molécula de ácido tartárico

Fonte: <http://diariodefarmacia2010.blogspot.com.br>

O ácido cítrico ou citrato de hidrogênio, de nome oficial ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico, é um ácido orgânico fraco, que se pode encontrar nos citrinos. É usado como conservante natural, sendo conhecido também como acidulante ou redutor de pH, dando um sabor ácido e refrescante na preparação de alimentos e de bebidas. Em bioquímica, é importante o seu papel como intermediário do ciclo ácido cítrico, de forma que ocorre no metabolismo de quase todos os seres vivos. Pode ser observado a sua estrutura na Figura 6.

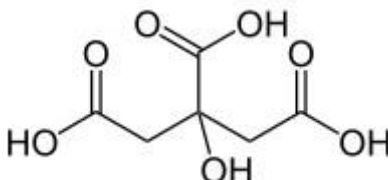


Figura 6 - Molécula de ácido cítrico

Fonte: <http://diariodefarmacia2010.blogspot.com.br>

O ácido láctico, é um composto orgânico de função mista ácido carboxílico - álcool que apresenta fórmula molecular $C_3H_6O_3$ e estrutural $CH_3 - CH(OH) - COOH$. Participa de vários processos bioquímicos, e o lactato é a forma ionizada deste ácido. Como pode ser observado na Figura 7.

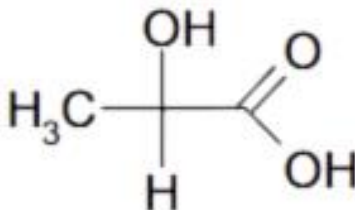


Figura 7 - Molécula do ácido láctico.

Fonte: <http://diariodefarmacia2010.blogspot.com.br>

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Pós Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), o Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

3.1 Material

Foram utilizados grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) da cultivar IRGA-417, de grãos longo-fino (agulhinha) com alto teor de amilose (25 %), cultivado em sistema irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Os grãos, foram colhidos mecanicamente com a umidade ao redor de 20% e secos até a umidade de 13 %. Em seguida, os grãos foram transportados para o LABGRÃOS, onde foram armazenados em uma sala refrigeradas ($16\pm 1^{\circ}\text{C}$) até o início do experimento.

3.2 Delineamento experimental

O estudo consistiu em avaliar o efeito da adição dos ácidos orgânicos tartárico, cítrico e láctico, na etapa de hidratação térmica (encharcamento) do arroz no processo de parboilização, nos parâmetros: composição proximal, a cor, a brancura, o tempo de cocção, textura, o grau de gelatinização e propriedades viscoamilográficas do grão de arroz beneficiado e polido. Foi avaliado também a água após a hidratação térmica do arroz nos parâmetros de cor, condutividade elétrica, pH, turbidez e sólidos solúveis como apresentado na Tabela 3. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 3 - Delineamento experimental

Tratamentos	Variáveis independentes		Variáveis dependentes
	Ácido	Concentração (%)	
1	Cítrico	0,00(controle)	Parâmetros da água de encharcamento
2			Perfil colorimétrico
3			Turbidez
...		0,20	Sólidos lixiviados
...			Condutividade elétrica
...		0,40	pH
...	Parâmetros tecnológicos do grãos		
...	Lático	0,60	Composição química básica
...			Rendimento de grãos inteiros
...			Incidência de defeitos
...		0,80	Grau de gelatinização
...			Perfil colorimétrico
...			Perfil branquimétrico
...	Tartárico	1,00	Tempo de cocção
...			Perfil texturométrico
...			Rendimento gravimétrico e volumétrico
16			Propriedades viscoamilográficas (RVA)

3.2.1 Preparo das amostras

Amostras de 50 g de arroz foram acondicionadas em saco de filó, identificadas e colocadas em latas de alumínio, onde foram realizadas as isotermas de hidratação, seguindo método desenvolvido por Elias (1998), com adaptações. Adicionou-se água destilada nas latas na proporção grãos/água de 1:1,5. A água estava na mesma temperatura da água do banho-maria de encharcamento, onde as latas foram imersas. Foram utilizadas três temperaturas de encharcamento, 60, 65 e 70°C, durante 7 h. O tempo e a temperatura da isoterma selecionada para os grãos utilizados no presente estudo foram de 300 min e 60°C, respectivamente, onde a umidade do arroz foi superior a 32%, como pode ser observado na Figura 5.

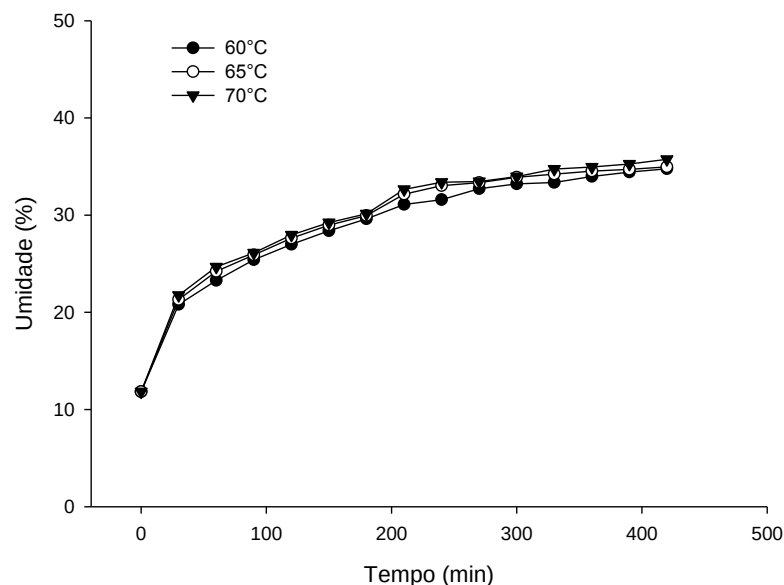


Figura 8 - curvas de isoterma de hidratação para 60, 65 e 70°C.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de pH da água, antes do encharcamento dos grãos, de acordo com a adição das diferentes concentrações de ácidos.

Tabela 4 – Valores de pH da água, com a adição dos redutores de pH, antes do encharcamento dos grãos.

Concentração (%)	Acido Tartárico	Acido Cítrico	Acido Láctico
0,00	5,20	5,20	5,20
0,20	2,58	2,62	2,49
0,40	2,38	2,46	2,39
0,60	2,28	2,37	2,23
0,80	2,21	2,32	2,15
1,00	2,15	2,24	2,09

3.2.2 Parboilização

O preparo das amostras para a parboilização foi realizado da seguinte forma: amostras de 500 g de arroz foram colocados em um saco de filó e em seguida colocados em um becker de 2 L. Adicionou-se a água contendo os redutores de pH aos beckers, na proporção 1:2 v/v (arroz/água) e colocados sobre o Becker papel filme, que foram levados para o banho-maria a 60°C, permanecendo 300 min para a hidratação, tempo predeterminado pela

isoterma. Após os grãos foram autoclavados em uma autoclave vertical (Bio Eng, modelo A-30, Bio Eng., Brasil) com temperatura de $116\pm 1^{\circ}\text{C}$ e pressão de $0,5\pm 0,05\text{ kgf cm}^{-2}$ durante 10 min. A seguir, os grãos foram secos em uma estufa com circulação de ar com temperatura do ar de $35\pm 2^{\circ}\text{C}$, até a obtenção de 13% de umidade. As amostras foram condicionadas a temperatura ambiente durante 3 dias, para completa estabilização das pressões internas do grão.

O descascamento dos grãos parboilizados e secos foi realizado em engenho de provas (marca Zaccaria, modelo PAZ-1-DTA), de acordo com as recomendações prescritas no manual de operações fornecido pelo fabricante. Os grãos que não tiveram sua casca removida na primeira passagem foram separados manualmente. O polimento foi realizado no engenho de provas, com remoção de 6 a 7 % de massa (farelo) para todas as amostras. A Figura 5 apresenta os grãos descascados e polidos após a parboilização.

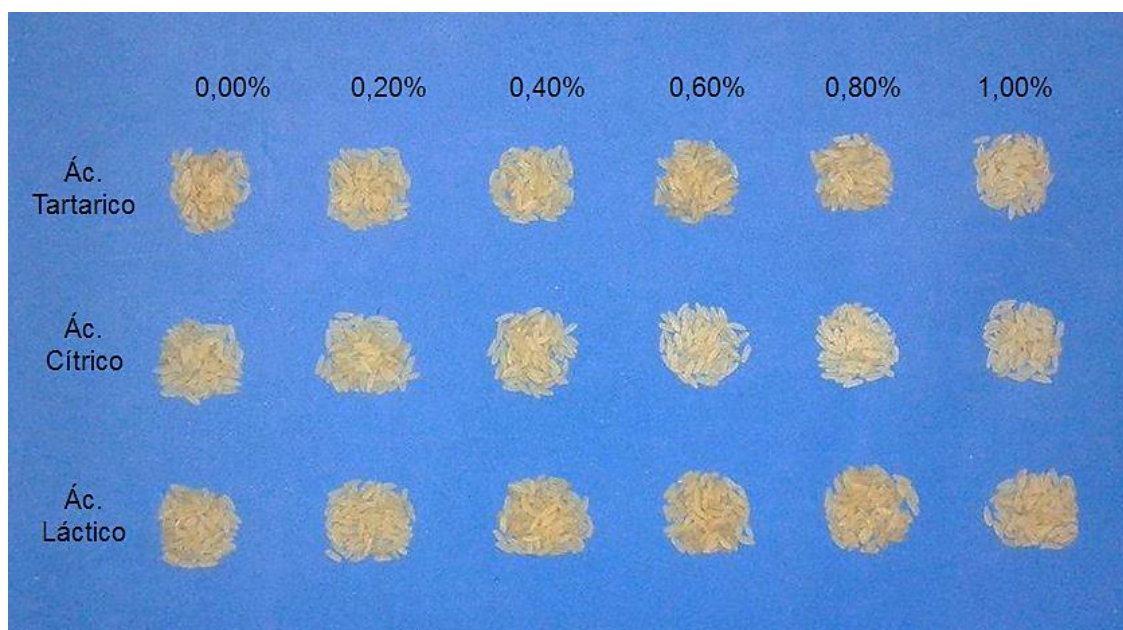


Figura 9 - Grãos de arroz após o polimento

A moagem dos grãos, para as análises que necessitam dessa operação, foi realizada em moinho laboratorial (Perten®, modelo Laboratory Mill 3100) para a redução das partículas até 35 mesh. Todas as amostras foram armazenadas em ambiente climatizado, na temperatura de 16°C , até a realização das análises.

3.3 Avaliações

3.3.1 Propriedades da água de encharcamento

3.3.1.1 Perfil colorimétrico

A cor foi avaliada em colorímetro (Minolta, modelo CR-310, Osaka, Japão) que faz a leitura de cores num sistema tridimensional, onde o eixo L* avalia a amostra do preto ao branco, o eixo a* da cor verde ao vermelho e o eixo b* da cor azul ao amarelo.

3.3.1.2 Turbidez

Após o encharcamento a água foi homogeneizada e retirado uma alíquota de 20 ml para a determinação da turbidez utilizando o turbidímetro marca Orbeco-Hellige modelo 966 Os resultados foram expressos em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

3.3.1.3 Sólidos lixiviados

Após o encharcamento a água foi homogeneizada e coletado alíquotas de 10 g pesadas em capsulas de alumínio em uma balanças analítica, levado para a estufa durante 24 h a 105°C, retirado e colocado em um dessecador por 30 minutos e é pesado para quantificação.

3.3.1.4 Condutividade elétrica

Após o encharcamento a água foi homogeneizada com a utilização de um bastão de vidro, a condutividade elétrica foi determinada com condutivímetro sem filtragem da solução. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$

3.3.1.5 pH da solução

Após o encharcamento a foi determinado o pH da água, sendo homogeneizado para realizar a determinação do pH utilizando um eletrodo de vidro pHmetro (Pye Unicam, Inglaterra).

3.3.2 Parâmetros tecnológicos dos grãos

3.3.2.1 Composição química básica

O teor de umidade dos grãos de arroz foi determinado em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar por 24 h, de acordo com o método recomendado pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000) e foi expresso em percentagem (%). O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o método AACC 46-13 (AACC, 1995) e o conteúdo de proteína foi obtido utilizando o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 5,95 e expressa pelo percentual (%) em base úmida. O teor de óleo foi determinado de acordo com o método 30-20 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 1995) e expresso pelo percentual (%) em base úmida. O teor de cinzas foi determinado de acordo com AACC método 08-01 (AACC, 1995) e os resultados expressos pelo percentual (%) em base úmida.

3.3.2.2 Rendimento de grãos inteiros

O material descascado e polido em engenho de provas, conforme o descrito no item 3.2.3, foi submetido a separação de inteiros e quebrados, em *trieur* (cilindro alveolado) do próprio engenho de provas, durante 1 min e 30 s, sendo separado e foi revisado manualmente com o auxílio de um paquímetro digital. Foram considerados grãos quebrados quando a maior dimensão era inferior a 4,49 mm, como o descrito na Instrução Normativa nº 06 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

3.3.2.3 Incidência de defeitos

A determinação dos defeitos foi realizada de acordo com Instrução Normativa nº 06 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), ou seja, pós a classificação de cada defeito, procedeu-se com a pesagem em balança analítica.

3.3.2.4 Grau de gelatinização

O grau de gelatinização avaliado conforme o método descrito por VANIER et al. (2015), com algumas modificações. Três repetições de 50 grãos foram avaliados. Os grãos foram distribuídos em uma placa polarizada, sobre uma luz branca artificial. Os grãos foram posicionados lado a lado, com outra placa polarizada posta acima dos grãos propiciando o desalinhamento do feixe pelo filtro. Os grãos gelatinizados são totalmente vítreos sob luz polarizada, uma vez que não há difração de luz dentro do grão, enquanto os grãos completamente não-gelatinizados são totalmente opacos à luz polarizada. A análise foi realizada visualmente, dividindo os grãos em 4 classes com relação ao grau de gelatinização: de 0 a 25%, de 25 a 50%, de 50 a 75% e 75 a 100% de gelatinização.

3.3.2.5 Perfil colorimétrico

O perfil colorimétrico dos grãos de arroz foi realizado com o equipamento descrito no item 3.3.1.1, os grãos foram colocados em uma placa de petir para realização das análises.

3.3.2.6. Perfil branquimétrico

O perfil branquimétrico foi determinado em Braquimetro Zaccaria (modelo MBZ-1, Zaccaria, Brasil). Operado conforme recomendações do fabricante. Foram avaliados a Brancura, Transparência e Polimento.

3.3.2.7 Tempo de cocção

O tempo de cocção foi realizado de acordo com o teste Ranghino (Juliano & Bechtel, 1985), colocando-se 150 mL de água destilada em um Becker de volume 250 mL aquecido em chapa de ferro. Ao atingir $98\pm 2^{\circ}\text{C}$, uma colher de sopa rasa de arroz foi adicionada e o Becker tampado, iniciando-se a contagem do tempo de cocção. Após 10 min de cocção, a cada minuto era verificado 10 grãos amassando-os em placas de vidro. O tempo de cocção era determinado quando 90 % dos grãos estavam cozidos.

3.3.2.8 Perfil textuométrico

O perfil textuométrico consistiu em: cozinhar as amostras conforme descrito por Juliano & Bechtel (1985), ou seja, 10 g de amostra em becker de 250 mL contendo 150 mL de água destilada à temperatura de $98\pm 1^{\circ}\text{C}$, pelo tempo previamente determinado no item 3.3.1.7. Após, a cocção todo o excesso da água foi removida, mantendo-se os grãos no interior do becker para a realização do teste, enquanto ainda estavam quentes. O perfil textuométrico foi determinado no equipamento da marca *Stable Micro Systems Texture Analysers*, modelo TA.XTplus, com uma célula de carga 5 kg com uma compressão de dois ciclos (PARK *et al.*, 2001). Uma força de compressão de dois ciclos de tempo versus programa foi utilizada para comprimir as amostras até 90% da espessura original de grão cozido, retornando à sua posição original e comprimindo novamente. Os parâmetros determinados conforme descrito por Bourne (1978) foram: dureza (definida como a força máxima requerida para comprimir a amostra numa dada percentagem pré-estabelecida, em Newton), adesividade (definida como a força necessária para remover o alimento que adere na língua, dentes e mucosas, em $\text{N}^{\text{s}-1}$). Quinze repetições foram realizadas para cada tratamento e o resultado foi expresso pela média das determinações gomosidade (definida como a energia requerida para desintegrar um alimento semissólido para um estado pronto de ser engolido, sem mastigar, em Newton), elasticidade (definida como o grau como o alimento retoma a sua forma após uma compressão parcial da língua contra os dentes ou céu da boca, em milímetros) e mastigabilidade (definida como o número de mastigações necessárias para tornar o alimento com consistência adequada para ser engolido, em $\text{N}^{\text{s}-1}$).

3.3.2.9 Rendimentos gravimétrico e volumétrico

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram determinados de acordo com a metodologia desenvolvida por Gularte (2005), com alterações. Partido do volume dos grãos de arroz (medido em proveta), adicionou-se água no momento da cocção, na proporção 2,3 volume de água para cada volume de arroz, posto em uma panela (cuja as dimensões já conhecidas), levado para aquecimento realizado em uma chapa, quando a temperatura da água atingiu 80°C iniciou-se a contagem do tempo de cocção já determinado no item 3.3.1.7. Após o cozimento repouso por 30 minutos para iniciar as avaliações.

3.3.2.10 Propriedades viscoamilográficas (RVA)

As características viscoamilográficas dos amidos foram avaliadas com o analisador rápido de viscosidade (RVA- *Rapid Visco Analyser*), usando programa *Thermocline for Windows versão 1.10*. O perfil utilizado foi o *Standard Analysis 1*, cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 5. A quantidade de amostra utilizada para os testes foi de 3 g, corrigidas para 14% de teor de água, conforme descrito Singh et al. (2003), a velocidade de rotação da pás do equipamento e de 160 rpm.

Tabela 5 - Programação do RVA utilizada nas análises viscoamilográficas

Tempo (hora:min:seg)	Temperatura (°C)
00:00:00	50
00:01:00	50
00:04:42	95
00:07:12	95
00:11:00	50

As características avaliadas foram:

- Viscosidade máxima: viscosidade máxima desenvolvida durante o período de aquecimento, expressa em RVU (Unidade de medida viscoamilográfica fornecida pelo Rapid Visco Analyser);
- Viscosidade de quebra: diferença de viscosidade entre o pico máximo e a viscosidade mínima a 95°C;

- Retrogradação: diferença de viscosidade mínima a 95°C e a viscosidade final, também chamado de *setback*.
- Viscosidade final: valor da viscosidade, obtido no ponto final do ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C expressa em RVU.

3.3.2.11 Análise estatística

Para comparação dos resultados foi aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade através de um teste de variância ANOVA. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros da água de encharcamento

4.1.1 Perfil colorimétrico

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados do perfil colorimétrico das amostras de água com a utilização de redutores de pH após o encharcamento no processo de parboilização.

No perfil colorimétrico observou-se que o controle apresentou os menores valores para L^* , de 35,26. Para as amostras de água com a adição de redutores de pH houve aumento no valor L^* , sendo que o ácido tartárico apresentou os maiores valores, sem diferença significativa ($p \leq 0,05$), nas concentrações de 0,60 e 1,00%; o ácido cítrico e o ácido láctico nas concentrações de 0,2 a 0,8%, sem diferença significativa ($p \leq 0,05$). Para os valores de a^* , observa-se que o tratamento controle apresentou o maior valor de a^* , em média 2,06. Para as amostras com adição de reguladores de pH houve redução no valor a^* , sendo que a utilização do ácido cítrico apresentou os menores valores, sem diferença significativa ($p \leq 0,05$); nas concentrações de 0,60 e 0,80% o ácido tartárico e o ácido láctico apresentaram o mesmo comportamento, obtendo-se os menores valores, sem diferença significativa, ($p \leq 0,05$) nas concentrações de 1,00 e 0,80%. Os valores de b^* , observou-se que o tratamento controle apresentou, em média, o menor valor de b^* -1,97. Para as amostras com a adição de redutores de pH houve aumento no valor b^* , sendo que para o ácido tartárico os maiores valores, sendo que as diferença significativa ($p \leq 0,05$) foram nas concentrações de 0,20, 0,60, 0,80 e 1,00%. Para o ácido cítrico o houve aumento significativa ($p \leq 0,05$) na concentração de 0,20%, Para o ácido láctico, o maior valor significativa ($p \leq 0,05$) é observado na concentração de 0,20%.

As alterações ocorridas na água de encharcamento com redutores de pH, pode ser atribuído a uma redução na velocidade das reações de Maillard, o que resulta em uma menor concentração de compostos que conferem cor, como as furosinas e as melanoidinas (DUTTA, MAHANTA, 2012, LAMBERTS et al., 2008; MORALES et al, 2004).) ou redução da velocidade de formação de pigmentos escuros na etapa de encharcamento do arroz (SIRISOONTARALAK,

NOOMHORM, 2006), obtendo assim uma água mais clara ou com menor intensidade de cor

Tabela 6 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o perfil colorimétrico da água após o encharcamento.

Valor L*			
Concentração (%)	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
0,00	35,26±0,36 d	35,26±0,36 c	35,26±0,36 c
0,20	36,20±0,15 b	36,91±0,94 a	36,88±1,08 a
0,40	35,76±0,25 c	36,75±0,15 a	36,61±0,08 a
0,60	36,58±0,30 a	36,56±0,21 ab	36,40±0,15 ab
0,80	35,90±0,14 c	36,55±0,19 ab	36,38±0,08 ab
1,00	36,56±0,09 a	36,03±0,21 b	35,82±0,09 bc
Valor a*			
	2,06±0,05 a	2,06±0,05 a	2,06±0,05 a
0,20	1,71±0,09 c	1,75±0,08 b	1,75±0,12 b
0,40	1,85±0,10 b	1,62±0,03 cd	1,61±0,05 cd
0,60	1,73±0,13 c	1,57±0,05 de	1,57±0,05 cd
0,80	1,66±0,04 cd	1,55±0,04 e	1,56±0,05 d
1,00	1,57±0,05 d	1,64±0,04 c	1,65±0,06 c
Valor b*			
0,00	-1,97±0,07 b	-1,97±0,07 b	-1,97±0,07 d
0,20	-1,75±0,08 a	-1,51±0,06 a	-1,52±0,13 a
0,40	-2,06±0,14 b	-1,63±0,05 ab	-1,65±0,042 b
0,60	-1,74±0,11 a	-1,62±0,05 ab	-1,64±0,07 ab
0,80	-1,79±0,09 a	-1,67±0,06 ab	-1,70±0,07 bc
1,00	-1,72±0,06 a	-1,76±0,32 b	-1,77±0,11 c

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Sendo o valor L* preto ao branco, o valor a* da cor verde ao vermelho e o valor b* da cor azul ao amarelo.

4.1.2 Turbidez

A Tabela 7 apresenta a turbidez (UNT) da água com a utilização de redutores de pH após o encharcamento. Observou-se uma redução significativa ($p \leq 0,05$) para o ácido tartárico em todas as concentrações quando comparado com o controle. O ácido cítrico teve redução significativa ($p \leq 0,05$) para todas as concentrações quando comparado com o controle, sendo o menor valor na concentração de 0,40%. O ácido lático teve redução significativa ($p \leq 0,05$) para todas as concentrações quando comparado com o controle, sendo os menores valores nas concentrações de 0,20 e 0,40%. A adição de redutores de pH na água de encharcamento reduziram a formação

de pigmentos escuros no encharcamento como pode ser observado na Tabela 6 do perfil colorimétrico, sendo assim com uma redução na formação de pigmentos escuros na etapa de encharcamento (LAMBERTS et al., 2008).

Tabela 7 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre a turbidez (UNT) (Unidade Nefelométrica de Turbidez) da água após o encharcamento.

Concentração (%)	Acido Tartárico	Acido Cítrico	Acido Lático
0,00	97,59±7,38 a	97,59±7,38 a	97,59±7,38 a
0,20	45,43±5,30 b	22,33±0,45 c	19,77±0,75 d
0,40	50,80±1,37 b	18,83±1,42 d	19,87±3,06 d
0,60	50,03±1,45 b	26,93±0,71 b	33,70±6,06 c
0,80	56,03±5,45 b	28,20±0,17 b	36,60±2,82 bc
1,00	50,33±4,57 b	27,60±0,35 b	48,5±3,35 b

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.1.3 Sólidos lixiviados

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados de sólidos lixiviados da água com a utilização de redutores de pH após o encharcamento. É possível verificar que o aumento da concentração dos reguladores na água de encharcamento, aumentou o percentual de sólidos lixiviados, resultando em 0,79; 0,63 e 0,67 g.L⁻¹ de aumento na concentração de 1,00% em relação ao controle, para os ácidos tartárico, cítrico e lático, respectivamente. Esse comportamento está relacionado a maior desestruturação celular, ocasionado pela redução do pH da água, na etapa de encharcamento. A redução do pH da solução facilitou a ação da proteinase aspártica, que degradou algumas proteínas, facilitando a lixiviação de solutos (minerais) que estão presentes principalmente nas camadas periféricas do grão de arroz (aleurona) (OHISHI et al., 2003; GHASEMI et al., 2008).

Tabela 8 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre os sólidos lixiviados (g.L^{-1}) da água após o encharcamento.

Concentração (%)	Acido Tartárico	Acido Cítrico	Acido Lático
0,00	0,27 $\pm$ 0,02 e	0,27 $\pm$ 0,02 f	0,27 $\pm$ 0,02 e
0,20	0,45 $\pm$ 0,04 d	0,46 $\pm$ 0,01 e	0,47 $\pm$ 0,01 d
0,40	0,68 $\pm$ 0,01 c	0,61 $\pm$ 0,01 d	0,61 $\pm$ 0,01 c
0,60	0,82 $\pm$ 0,04 b	0,72 $\pm$ 0,01 c	0,73 $\pm$ 0,02 b
0,80	1,00 $\pm$ 0,02 a	0,78 $\pm$ 0,01 b	0,78 $\pm$ 0,03 b
1,00	1,06 $\pm$ 0,08 a	0,90 $\pm$ 0,01 a	0,94 $\pm$ 0,01 a

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.1.5 Condutividade elétrica

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados da condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) da água com a utilização de redutores de pH após o encharcamento e pode-se observar um aumento de 3081,00, 2785,00 e 2811,67 $\mu\text{S/cm}$ para as amostras contendo, respectivamente, os ácidos tartárico, cítrico e lático na concentração de 1,00% em relação ao controle. O aumento da condutividade da solução está diretamente relacionado a adição de ácidos que em meio aquoso tem a capacidade de transmitir corrente elétrica. Outra possibilidade é a maior desestruturação celular, resultado da redução de pH que proporcionou uma maior lixiviação de solutos capazes de aumentar a condutividade elétrica da solução.

Tabela 9 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre a condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) da água após o encharcamento.

Concentração (%)	Acido Tartárico	Acido Cítrico	Acido Lático
0,00	1323,33 $\pm$ 22,08 f	1323,33 $\pm$ 22,08 c	1323,33 $\pm$ 22,08 e
0,20	2091,33 $\pm$ 3,21 e	1886,67 $\pm$ 27,79 bc	1883,33 $\pm$ 29,90 d
0,40	2314,67 $\pm$ 15,64 d	2211,33 $\pm$ 51,39 ab	2209,33 $\pm$ 55,72 c
0,60	2569,67 $\pm$ 12,34 c	2861,33 $\pm$ 58,99 a	2544,33 $\pm$ 49,66 b
0,80	2794,67 $\pm$ 10,12 b	2574,76 $\pm$ 82,51 a	2595,00 $\pm$ 19,67 b
1,00	3081,00 $\pm$ 7,00 a	2785,00 $\pm$ 37,51 a	2811,67 $\pm$ 16,50 a

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.1.6 pH da água de encharcamento após a parboilização

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados do pH da água após 300 minutos de encharcamento com a utilização de redutores de pH na parboilização, observa-se que com o aumento da concentração dos redutores de pH, houve uma redução do pH da água após o encharcamento, assim como foi observado na água antes da etapa de encharcamento (Tabela 4).

Tabela.10 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o pH da água após o encharcamento.

Concentração (%)	Acido Tartárico	Acido Cítrico	Acido Lático
0,00	6,01±0,07 a	6,01±0,07 a	6,01±0,07 a
0,20	3,56±0,01 b	3,96±0,00 b	3,93±0,01b
0,40	3,04±0,00 c	3,37±0,01 c	3,37±0,01 c
0,60	2,77±0,01 d	3,08±0,01 d	3,06±0,01 d
0,80	2,61±0,01 e	2,94±0,01 e	2,93±0,01 e
1,00	2,50±0,01 f	2,81±0,01 f	2,85±0,01 f

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2 Parâmetros tecnológicos dos grãos

4.2.6 Composição química básica

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da composição química básica dos grãos de arroz parboilizado com a utilização de redutores de pH na água de encharcamento.

A umidade dos grãos, após a parboilização, variou entre 12,23% e 13,23%, estando de acordo com o recomendado por Amato e Elias (2005) para a manutenção da qualidade dos grãos. Os grãos parboilizados apresentaram, sem diferença significativa ($p \leq 0,05$), teores de carboidratos totais entre 79,74% e 80,45%; proteínas entre 5,71% e 6,01%; lipídios entre 0,58% e 0,67% e minerais entre 0,58% e 0,67% nos tratamentos com a utilização de redutores de pH. Os valores encontrados na composição química básica dos grãos de arroz parboilizado no presente estudo são semelhantes aos encontrados por Dors et al. (2009), Denardin et al. (2004) e Walter et al. (2008).

Tabela 11 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre a composição proximal do arroz parboilizado (%), expresso em base úmida.

Concentração	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
Umidade (%)			
0,00%	12,45±0,18 a	12,45±0,18 a	12,45±0,18 a
0,20%	12,56±0,17 a	12,86±0,05 a	12,84±0,21 a
0,40%	12,21±0,15 a	12,81±0,17 a	12,76±0,12 a
0,60%	13,23±0,12 b	13,00±0,04 a	12,90±0,14 a
0,80%	12,18±0,32 a	12,86±0,90 a	12,67±0,23 a
1,00%	12,49±0,19 a	12,82±0,08 a	12,54±0,16 a
Proteína (%)			
0,00%	5,88±0,09 a	5,88±0,09 a	5,88±0,09 a
0,20%	5,88±0,02 a	5,72±0,15 a	5,79±0,15 a
0,40%	6,01±0,21 a	5,73±0,05 a	5,95±0,27 a
0,60%	5,74±0,05 a	5,70±0,03 a	5,74±0,04 a
0,80%	5,74±0,03 a	5,71±0,08 a	5,76±0,25 a
1,00%	5,90±0,03 a	5,76±0,09 a	5,79±0,11 a
Lipídios (%)			
0,00%	0,62±0,06 a	0,62±0,06 a	0,62±0,06 a
0,20%	0,64±0,06 a	0,60±0,02 a	0,61±0,03 a
0,40%	0,66±0,08 a	0,61±0,01 a	0,62±0,03 a
0,60%	0,64±0,01 a	0,60±0,02 a	0,65±0,01 a
0,80%	0,60±0,01 a	0,62±0,07 a	0,64±0,06 a
1,00%	0,56±0,04 a	0,67±0,08 a	0,58±0,02 a
Minerais (%)			
0,00%	0,64±0,08 a	0,64±0,08 a	0,64±0,08 a
0,20%	0,60±0,01 a	0,59±0,01 a	0,59±0,01 a
0,40%	0,67±0,07 a	0,58±0,01 a	0,66±0,08 a
0,60%	0,65±0,05 a	0,60±0,02 a	0,62±0,03 a
0,80%	0,64±0,01 a	0,61±0,01 a	0,63±0,03 a
1,00%	0,60±0,02 a	0,65±0,05 a	0,64±0,06 a
Carboidratos totais (%)			
0,00%	80,41±0,20 a	80,41±0,20 a	80,41±0,20 a
0,20%	80,32±0,20 a	80,22±0,15 a	80,17±0,08 a
0,40%	80,46±0,22 a	80,27±0,21 a	80,11±0,48 a
0,60%	79,74±0,20 a	80,10±0,06 a	80,09±0,02 a
0,80%	80,86±0,28 a	80,09±0,01 a	80,08±0,48 a
1,00%	80,45±0,18 a	80,10±0,01 a	80,27±0,02 a

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.7 Rendimento de grãos inteiros

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados o percentual de inteiros e quebrados dos grãos de arroz parboilizado com adição de redutores de pH na água de encharcamento.

Os inteiros são considerados os grãos descascados e polidos que apresentam comprimento igual ou superior a 4,49 mm segundo a Instrução Normativa nº 06 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). Observou-se que a adição de redutores de pH na água de encharcamento proporcionou um aumento significativo na porcentagem para os grãos inteiros, sendo 72,13%, 71,96% e 71,91%, quando utilizado, respectivamente, os ácidos cítrico, tartárico e láctico na concentração de 1,00%, ao comparar com controle 69,88% de grãos inteiros. Uma vez que o uso de redutores de pH propicia aumento no teor de grãos inteiros, também foi verificada redução no teor de grãos quebrados.

O aumento do percentual de grãos inteiros esta relacionado com a redução do pH da água no encharcamento que possibilita que a proteinase aspártica degrade a proteína (OHISHI et al., 2003), o que facilita a absorção da água no encharcamento, proporcionando um processo de parboilização mais intenso e melhor estruturação interna do grão, devido a maior gelatinização do amido. Esses resultados podem ser relacionados com o observado na Tabela 16 que apresenta o aumento do grau de gelatinização do arroz.

Tabela 12 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o teor de grãos inteiros (%) e quebrados (%).

Concentração	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
Inteiros (%)			
0,00%	69,88±0,24 c	69,88±0,24 c	69,88±0,24 c
0,20%	71,09±0,45 bc	71,14±0,23 b	70,30±0,18 cb
0,40%	71,30±0,02 ab	71,17±0,08 b	70,78±0,24 b
0,60%	71,42±0,41 ab	71,73±0,38 ab	71,29±0,25 ab
0,80%	71,67±0,62 ab	71,86±0,13 a	71,90±0,76 a
1,00%	71,95±0,07 a	72,13±0,15 a	71,91±0,16 a
Quebrados (%)			
0,00%	2,17±0,14 a	2,17±0,14 a	2,17±0,14 a
0,20%	0,67±0,28 b	0,74±0,12 b	1,46±0,12 b
0,40%	0,64±0,17 b	0,76±0,23 b	1,19±0,12 b
0,60%	0,75±0,23 b	0,47±0,37 b	0,92±0,32 b
0,80%	0,87±0,50 b	0,68±0,18 b	0,65±0,44 b
1,00%	0,70±0,02 b	0,45±0,12 b	0,68±0,11 b

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.8 Incidência de defeitos

A Tabela 13 apresenta os valores de incidência de defeitos metabólicos e não metabólicos dos grãos de arroz parboilizados com redutores de pH na água de encharcamento.

Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) com relação a incidência de defeitos no processo de parboilização do arroz para os três redutores de pH na água de encharcamento utilizados neste estudo. Os valores de defeitos metabólicos apresentaram-se na faixa de 0,31% a 0,56 % e os defeitos não metabólicos variaram entre 0,09% a 0,17 %. Sendo classificados como Tipo 1 pela Instrução Normativa nº 06 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

Tabela 13 - Efeito da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre defeitos metabólicos (%) e defeitos não metabólicos (%) de grãos parboilizados.

Concentração	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
Incidência de defeitos metabólicos (%)			
0,00%	0,50±0,15 a	0,50±0,15 a	0,50±0,15 a
0,20%	0,54±0,17 a	0,38±0,09 a	0,50±0,11 a
0,40%	0,48±0,16 a	0,53±0,12 a	0,31±0,14 a
0,60%	0,49±0,12 a	0,42±0,36 a	0,35±0,17 a
0,80%	0,46±0,17 a	0,37±0,12 a	0,35±0,17 a
1,00%	0,48±0,13 a	0,53±0,15 a	0,42±0,22 a
Incidência de defeitos não metabólicos (%)			
0,00%	0,11±0,21 a	0,11±0,21 a	0,11±0,11 a
0,20%	0,09±0,38 a	0,14±0,58 a	0,10±0,24 a
0,40%	0,15±0,83 a	0,17±0,45 a	0,16±0,11 a
0,60%	0,07±0,56 a	0,14±0,48 a	0,10±0,53 a
0,80%	0,15±0,75 a	0,09±0,12 a	0,17±0,40 a
1,00%	0,14±0,29 a	0,10±0,16 a	0,11±0,14 a

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.5 Grau de gelatinização

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados do grau de gelatinização dos grãos de arroz parboilizados com adição de redutores de pH na água de encharcamento.

Adição de redutores de pH na água de encharcamento, não propiciou grãos com grau de gelatinização menor que 25% enquanto o controle apresentou cerca de 10% de grãos com grau de gelatinização inferior a 25%. No entanto com a adição de redutores de pH, propiciou grãos com grau de gelatinização superior a 75%, como pode ser observado na tabela 13, com significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao controle. A redução do pH, proporciona uma maior desestruturação celular e dando condição para a proteinase aspártica degradar proteínas (glutelinas) (OHISHI et al., 2003), o que facilita a absorção de água pelos grãos, proporcionando um maior grau de gelatinização.

Tabela 14 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento sobre o grau de gelatinização (%) do arroz parboilizado.

Concentração	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
0,00% a 0,25%			
0,00%	6,67±4,47 a	6,67±4,47 a	6,67±4,47 a
0,20%	0±00 b	0±00 b	0±00 a
0,40%	0±00 b	0±00 b	0±00 a
0,60%	0±00 b	0±00 b	0±00 a
0,80%	0±00 b	0±00 b	0±00 a
1,00%	0±00 b	0±00 b	0±00 a
0,25% a 0,50%			
0,00%	15,33±8,73 a	15,33±8,73 a	15,33±8,73 a
0,20%	12,00±4,472 ab	10,00±10,00 ab	4,00±5,48 a
0,40%	8,00±8,37 ab	0,00±0,00 b	8,00±8,37 a
0,60%	2,00±4,47 b	2,00±4,47 b	2,00±4,47 a
0,80%	2,00±4,47 b	0,00±0,00 b	4,00±5,48 a
1,00%	6,00±8,94 b	0,00±0,00 b	6,00±8,94 a
0,50% a 75%			
0,00%	50,00±13,00 a	50,00±13,00 a	50,00±13,00 a
0,20%	18,00±8,37 b	22,00±8,37 a	30,00±10,00 ab
0,40%	22,00±4,47 b	12,00±8,37 a	22,00±8,37 c
0,60%	18,00±8,37 b	22,00±10,95 a	16,00±5,48 c
0,80%	18,00±8,37 b	14,00±5,48 a	12,00±8,37 c
1,00%	16,00±8,89 b	18,00±8,37 a	22,00±16,43 bc
0,75% a 100%			
0,00%	28,00±8,37 b	28,00±8,37 c	28,00±8,37 c
0,20%	70,00±10,00 a	68,00±4,47 b	66,00±11,40 b
0,40%	70,00±7,07 a	88,00±8,37 a	70,00±7,07 a
0,60%	80,00±7,07 a	76,00±11,40 ab	82,00±4,47 a
0,80%	80,00±7,07 a	86,00±5,48 a	82,00±8,37 a
1,00%	78,00±8,37 a	82,00±8,37 ab	72,00±22,80 ab

*Para cada grau de gelatinização Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.3 Perfil colorimétrico

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados do valor a^* e de b^* dos grãos de arroz parboilizados com adição de redutores de pH na água de encharcamento.

Tratamento controle apresentou média de 20,29 de valor b^* . Na parboilização com adição de redutores de pH o maior valor com significativa ($p \leq 0,05$) para o ácido tartárico foi de 23,46 na concentração de 1,00%, para o ácido cítrico houve redução significativa ($p \leq 0,05$) nas concentrações de 0,60% e 0,80%. Sendo que para o ácido láctico aumento significativa ($p \leq 0,05$) para todas as concentrações sendo os maiores valores encontrados nas concentrações de 0,80% e 1,00%.

Nos valores a^* , observou-se redução significativa ($p \leq 0,05$), no ácido tartárico nas concentrações de 0,40% e 1,00% em relação ao controle. No ácido cítrico houve redução significativa ($p \leq 0,05$) em todas as concentrações do ácido, sendo os menores valores nas concentrações de 0,60%, 0,80% e 1,00%. Observou-se que para o ácido láctico não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Essas diferenças de coloração pode também ser observada na Figura 6, demonstrando todos os tratamentos realizados no estudo. Resultados obtidos pelo perfil colorimétrico (valores b^* e a^*) e a aparência visual dos grãos após a parboilização. Esta mudança de cor pode estar relacionada com a reação de Maillard responsável pela pigmentação escura no processo de parboilização (MORALES et al, 2004; LAMBERTS et al, 2008). A parboilização com ácido cítrico apresentou uma diminuição da intensidade da cor amarela, o que pode ser resultado da capacidade antioxidante desse ácido, retardando a velocidade das reações que formam os pigmentos escuros (COUTO, BRAZACA, 2010).

Tabela 15 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o valor b* e o valor a* do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
Valor b*			
0,00	20,29±1,23 b	20,29±1,23 a	20,29±1,23 d
0,20	21,53±1,61 ab	20,63±0,94 a	21,53±1,61 c
0,40	22,32±0,80 ab	19,84±0,99 a	22,32±0,80 cb
0,60	22,35±1,02 ab	18,09±0,57 b	22,21±1,08 bc
0,80	22,36±1,50 ab	17,89±1,89 b	24,09±0,98 ab
1,00	23,46±3,27 a	19,78±0,85 a	23,34±1,31 ab
Valor a*			
0,00	0,11±0,51 a	0,10±0,46 a	-0,04±0,25 a
0,20	-0,35±0,27 ab	-0,41±0,18 b	-0,55±0,18 a
0,40	-0,69±0,38 b	-0,74±0,28 bc	-0,69±0,38 a
0,60	-0,24±0,55 ab	-1,16±0,33 cd	-0,24±0,55 a
0,80	-0,39±0,38 ab	-1,43±0,27 d	0,79±0,27 a
1,00	-0,61±0,47 b	-1,00±0,52 cd	0,26±0,32 a

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Sendo o valor a* da cor verde ao vermelho e o valor b* da cor azul ao amarelo.

4.2.4 Perfil branquimétrico

Na tabela 16 estão representados os valores do BR* e TR* do perfil braquimétrico dos arroz parboilizado com adição de redutores de pH na água de encharcamento. Observou-se o aumento significativo ($p \leq 0,05$) do valor BR* (brancura) para os ácidos tartárico nas concentrações de 0,20%, 0,40% e 1,00% e no ácido cítrico, observou o maior valor ($p \leq 0,05$), de 23,99 na concentração de 0,80%. Quando se utilizou o ácido lático observou-se redução do valor BR* sendo o menor valor ($p \leq 0,05$) 17,32, obtido na concentração de 0,60%. Esta diferença no BR* pode ser observado na Figura 6, onde os grãos encharcados com ácido cítrico apresentaram os grãos mais brancos quando comparados com os grãos encharcados com os ácidos tartárico e lático. Este aumento no valor BR* está relacionado com atividade antioxidante do ácido cítrico (COUTO, BRAZACA, 2010). Em estudo realizado por Vanier et al., (2015) foi verificado melhoria dos parâmetros de brancura, quando foi utilizado bissulfito de sódio na água de encharcamento.

Observa-se aumento significativo ($p \leq 0,05$) para o ácido tartárico na concentração de 0,20% e 1,00% respectivamente os valores são 2,06 e 2,07. No ácido cítrico houve aumento significativo ($p \leq 0,05$) nas concentrações de

0,60%, 0,80% e 1,00% os respectivos valores são 2,35, 2,33 e 2,10. Para o ácido láctico houve uma redução significativa ($p \leq 0,05$) sendo o menor valor de 1,43 na concentração de 0,60%. Esta melhoria da transparência é relacionada com a capacidade antioxidante do ácido cítrico, conforme relata Couto e Brazaca (2010).

Tabela 16 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre o valor BR* do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Láctico
Valor BR*			
0,00	19,08±0,54 b	19,08±0,54 c	18,08±0,54 ab
0,20	20,64±0,67 a	21,04±0,62 cd	18,72±0,33 a
0,40	21,21±0,64 a	20,34±0,47 d	18,14±0,44 ab
0,60	19,57±0,57 b	22,61±0,54 b	17,32±0,47 c
0,80	19,57±0,68 b	23,99±0,38 a	17,84±0,58 bc
1,00	21,43±0,83 a	21,37±0,74 c	18,76±0,59 a
Valor TR*			
0,00	1,81±0,11 b	1,78±0,06 c	1,70±0,07 a
0,20	2,06±0,15 a	2,10±0,12 b	1,72±0,05 a
0,40	1,94±0,09 b	1,95±0,08 b	1,55±0,03 b
0,60	1,51±0,08 c	2,35±0,12 a	1,43±0,09 c
0,80	1,48±0,07 c	2,33±0,07 a	1,50±0,08 bc
1,00	2,07±0,08 a	2,10±0,20 a	1,57±0,07 b

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.1 Tempo de cocção

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados do tempo de cocção dos grãos de arroz parboilizados com adição de redutores de pH na água de encharcamento que proporcionaram redução do tempo de cocção. Observou-se no o ácido tartárico, uma redução ($p \leq 0,05$) observada em todas as concentrações, sendo a menor ($p \leq 0,05$) redução sendo observado nas concentrações de 0,60%, 0,80% e 1,00% os tempos são respectivamente 12,97, 12,83 e 13,00 minutos. Houve uma redução ($p \leq 0,05$) no ácido cítrico e láctico nas concentrações de 0,6%, 0,80% e 1,00%. A redução do tempo de cocção se deve há uma maior desestruturação celular e desnaturação das proteínas, decorrentes da adição dos ácidos, o que reduz o pH da água, facilitando a absorção de água pelo grão no momento da cocção (GHASEMI et al., 2008).

Tabela 17 - Efeitos da adição da redução de pH na água de encharcamento, sobre o tempo de cocção (min.) do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
0,00	14,58±0,51 a	14,97±0,18 a	15,83±0,22 a
0,20	13,14±0,05 b	14,72±0,35 a	15,00±0,29 ab
0,40	13,70±0,05 b	14,89±0,26 a	15,03±0,21 ab
0,60	12,97±0,18 bc	13,89±0,05 b	14,78±0,35 bc
0,80	12,83±0,44 c	13,92±0,25 b	14,67±0,44 bc
1,00	13,00±0,29 bc	13,91±0,14 b	14,11±0,42 c

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.2 Perfil texturométrico

A Tabela 18 apresenta os resultados para dureza (N) dos grãos de arroz parboilizados com a adição de redução de pH na água de encharcamento que propiciaram a redução na dureza dos grãos cozidos. Observou-se para o ácido tartárico a redução ($p \leq 0,05$) quando comparado com o controle na concentração de 1,00% sendo o valor 53,63 N. Para o ácido cítrico houve redução de na concentração de 1,00% sendo o valor de 55,13 N. Para o ácido lático houve uma redução ($p \leq 0,05$) na concentração de 0,60%, 0,80% e 1,00%. A redução na dureza do grão pode estar associado com a maior facilidade de absorção de água, decorrente da danificação de células que faz com que o granulo de amido aumente mais de volume no cozimento deixando os grãos mais macios (GHASEMI, et al., 2008).

Na gomosidade, observou-se que para o ácido tartárico redução ($p \leq 0,05$) na concentração de 0,80% e 1,00% os valores respectivamente 21,29 (N) e 17,65 (N). Para o ácido cítrico houve redução para as concentrações de 0,40% ate 1,00%. Para o ácido lático houve radução ($p \leq 0,05$) nas concentrações de 0,60%, 0,80% e 1,00% respectivamente os valores são 19,42N, 19,69N e 20,85N. Esse comportamento está relacionado com a maior facilidade que esse grão tem de absorver água, decorrente da degradação de proteínas estruturais e também das estruturas de parede, que é resultado da redução do pH da água de encharcamento (OHISHI et al., 2003; GHASEMI et al., 2008).

Na mastigabilidade não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as concentraçõesde redutore de pH na água de encharcamento.

Tabela 18 - Efeitos da adição dos redutores de pH na água de encharcamento, sobre a dureza (N), Gonoidade (N) e Mastigabilidade (Ns⁻¹) do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Acido Tartárico	Acido Cítrico	Acido Lático
Dureza (N)			
0,00	66,08±5,82 a	66,08±5,82 a	66,08±5,82 a
0,20	56,83±3,83 b	59,67±5,75 a	78,37±7,60 a
0,40	56,75±3,66 b	61,50±2,91 a	73,77±7,28 a
0,60	55,05±4,74 b	64,30±5,63 a	53,39±10,37 b
0,80	57,75±4,74 b	61,29±4,43 a	54,21±2,54 b
1,00	53,63±3,99 c	55,13±4,67 b	53,83±3,93 b
Gonoidade (N)			
0,00	28,53±4,06 a	28,53±4,06 a	28,53±4,06 a
0,20	24,50±4,69 a	24,37±5,04 ab	29,54±7,50 a
0,40	22,90±5,35 ab	20,70±3,60 b	28,83±5,18 a
0,60	22,84±5,53 ab	22,76±8,81 b	19,42±6,14 b
0,80	21,29±3,89 b	22,18±2,79 b	19,69±2,57 b
1,00	17,65±3,69 b	18,25±4,13 b	20,85±2,93 b
Mastigabilidade (Ns ⁻¹)			
0,00	13,40±6,64 a	13,40±6,64 a	13,40±6,64 a
0,20	15,02±3,95 a	11,14±2,88 a	14,01±4,69 a
0,40	13,51±4,24 a	12,04±2,47 a	13,95±4,88 a
0,60	13,37±3,19 a	9,53±4,88 a	10,86±3,07 a
0,80	11,66±2,62 a	8,62±1,22 a	9,96±1,56 a
1,00	15,13±3,70 a	6,98±2,92 a	11,96±3,06 a

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

4.2.9 Rendimentos gravimétrico e volumétrico

Na Tabela 19 estão apresentados os valores de rendimentos gravimétrico e volumétrico dos grãos de arroz parboilizados com adição de redutores de pH na água de encharcamento, observando-se que não houve alteração, porém os valores do rendimento gravimétricos foram menores do que os encontrados por Paraginiki et al. (2014) (308,56 %) e os valores do rendimento volumétrico foram semelhantes aos encontrados pelo mesmo autor.

Tabela 19 - Efeitos da adição de redutores de pH na água de encharcamento, sobre rendimento gravimétrico (%) e rendimento volumétrico (%) de grãos parboilizados.

Concentração	Ácido Tartárico	Ácido Cítrico	Ácido Lático
Gravimétrico			
0,00%	250,67±6,60 a	256,67±5,29 a	248,10±12,43 a
0,20%	248,48±8,71 a	247,14±8,72 a	248,48±3,31 a
0,40%	245,24±3,43 a	252,19±11,18 a	251,90±8,44 a
0,60%	245,52±9,49 a	250,86±4,00 a	248,10±3,03 a
0,80%	262,19±5,77 a	245,05±10,91 a	260,47±12,01 a
1,00%	241,29±8,02 a	253,33±8,73 a	250,57±3,02 a
Volumétrico			
0,00%	249,62±13,95 a	268,19±12,42 a	259,51±8,74 a
0,20%	258,07±6,24 a	261,45±12,00 a	250,91±1,86 a
0,40%	260,73±6,70 a	263,44±16,28 a	257,47±11,92 a
0,60%	258,45±4,48 a	256,40±6,79 a	256,79±1,23 a
0,80%	267,73±5,12 a	274,21±4,01 a	254,57±6,99 a
1,00%	241,17±27,53 a	264,41±2,80 a	258,52±6,80 a

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.10 Propriedades viscoamilográficas (RVA)

Na Tabela 20 e na Figura 7 estão apresentadas as propriedades viscoamilográficas (RVA) dos grãos de arroz parboilizados com adição de ácido tartárico, na etapa de encharcamento. Houve aumento no pico de viscosidade nas concentrações de 0,40%, 0,60% e 0,80%, quando comparados ao controle. Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) na quebra de viscosidade com adição de ácido tartárico. Observou-se aumento significativa ($p \leq 0,05$) na viscosidade final quando comparado ao controle, nas concentrações de 0,60% e 0,80% os respectivos valores são 21,22 e 21,20. Observou-se aumento significativa ($p \leq 0,05$) na retrogradação na concentração de 0,60% e 0,80% e os respectivos valores são 8,89 e 9,11. As propriedades viscoamilográficas estão relacionados com a gelatinização dos grânulos de amido do arroz, que começa na operação de encharcamento e se completa na autoclavagem, durante o processo de parboilização. Os valores de propriedades viscoamilográficas encontrados nesse estudo, estão semelhantes aos relatados por Assis et al. (2009) que utilizaram o processo de parboilização tradicional.

Tabela 20 - Efeitos da adição de ácido tartárico como redutor de pH, na água de encharcamento, sobre as propriedades viscoamilográficas (RVA) do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Pico de viscosidade (RVU)	Quebra (RVU)	Viscosidade final (RVU)	Retrogradação (RVU)
0,00	12,78±0,33 bc	1,64±0,17 a	18,31±0,68 b	7,17±0,43 c
0,20	12,00±0,72 cd	1,81±0,10 a	18,17±0,59 b	7,97±0,27 c
0,40	13,28±0,51 ab	1,81±0,10 a	19,5±0,80 b	8,03±0,46 bc
0,60	14,25±0,14 a	1,92±0,34 a	21,22±0,25 a	8,89±0,21 ab
0,80	14,08±0,43 a	2,00±0,14 a	21,20±0,50 a	9,11±0,31 a
1,00	11,44±0,27 d	1,97±0,18 a	18,00±0,22 b	8,53±0,18 b

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na Tabela 21 e na Figura 7, estão apresentados propriedades viscoamilográficas (RVA) dos grãos de arroz parboilizados com adição ácido cítrico, como redutor de pH na água de encharcamento. Houve aumento significativa ($p \leq 0,05$) no pico de viscosidade nas concentrações de 0,60% e 0,80%, quando comparados ao controle respectivamente os valores são 68,26 e 61,44. Na quebra de viscosidade houve aumento significativa ($p \leq 0,05$) na concentração de 0,60% sendo o valor de 22,17RVU. Observou-se aumento significativa ($p \leq 0,05$) na viscosidade final quando comparado ao controle, nas concentrações de 0,60% e 0,80% os respectivos valores são 94,03 e 87,39. Observou-se aumento significativa ($p \leq 0,05$) na retrogradação na concentração de 0,60% e 0,80% e os respectivos valores são 47,83 e 44,47.

Tabela 21 - Efeito da adição de redutor de pH (ácido cítrico), na água de encharcamento, sobre as propriedades viscoamilográficas (RVA) do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Pico de viscosidade (RVU)	Quebra (RVU)	Viscosidade final (RVU)	Retrogradação (RVU)
0,00	24,47±2,21 c	6,17±0,66 e	34,61±3,23 c	16,30±3,71 c
0,20	29,22±1,06 c	8,28±0,48 d	43,14±2,07 c	22,19±3,47 c
0,40	21,55±0,50 c	6,00±0,08 e	33,55±0,96 c	17,67±0,66 c
0,60	68,36±3,75 a	22,17±1,21 a	94,03±7,15 a	47,83±3,89 a
0,80	61,44±6,15 a	18,53±0,35 b	87,39±7,60 a	44,47±1,33 a
1,00	41,81±1,67 b	16,03±0,53 c	61,92±2,79 b	36,13±1,54 b

* Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na Tabela 22 e na Figura 7, são apresentados os valores das propriedades viscoamilográficas (RVA) dos grãos de arroz parboilizados com

adição de ácido láctico como redutor de pH na água de encharcamento. Houve aumento no pico de viscosidade nas concentrações de 0,60% e 0,80%, quando comparados ao controle, respectivos valores são 7,53 e 7,69RVU. Houve aumento significativa ($p \leq 0,05$) na quebra de viscosidade na concentração de 0,60% e 0,80% respectivos valores 1,94 e 1,89 RVU. Houve aumento significativo ($p \leq 0,05$) na viscosidade final quando comparado ao controle, nas concentrações de 0,60% e 0,80% os respectivos valores 14,78 e 15,28. Observou-se aumento significativo ($p \leq 0,05$) na retrogradação na concentração de 0,60% e 0,80% e os respectivos valores são 9,14 e 9,47. As propriedades viscoamilográficas estão relacionados com a gelatinização dos grânulos de amido do arroz, que começa na operação de encharcamento e se completa na autoclavagem, durante o processo de parboilização.

Tabela 22 – Efeitos da adição de redutor de pH (ácido láctico), na água de encharcamento, sobre as propriedades viscoamilográficas (RVA) do arroz parboilizado.

Concentração (%)	Pico de viscosidade (RVU)	Quebra (RVU)	Viscosidade final (RVU)	Retrogradação (RVU)
0,00	3,80±0,41 b	1,36±0,05 b	8,83±0,65 c	6,39±0,21 c
0,20	4,03±0,75 b	1,25±0,08 b	9,19±0,98 c	6,42±0,25 c
0,40	5,39±0,60 b	1,47±0,18 b	10,94±1,13 bc	7,03±0,71 c
0,60	7,53±0,34 a	1,94±0,24 a	14,78±0,24 a	9,19±0,43 ab
0,80	7,69±0,60 a	1,89±0,10 a	15,28±0,85 a	9,47±0,71 a
1,00	5,25±0,65 b	1,55±0,05 b	11,61±1,03 b	7,92±0,44 bc

* Médias aritméticas simples de três repetições $\pm$ desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Provavelmente, o aumento do pico de viscosidade, da viscosidade de quebra, da viscosidade final e da retrogradação está relacionado com uma maior desnaturação proteica, causada pela adição dos reguladores de pH. A proteína desnaturada, em presença de água e temperatura elevada (90°C), na análise viscoamilográficas, facilita o desses parâmetros.

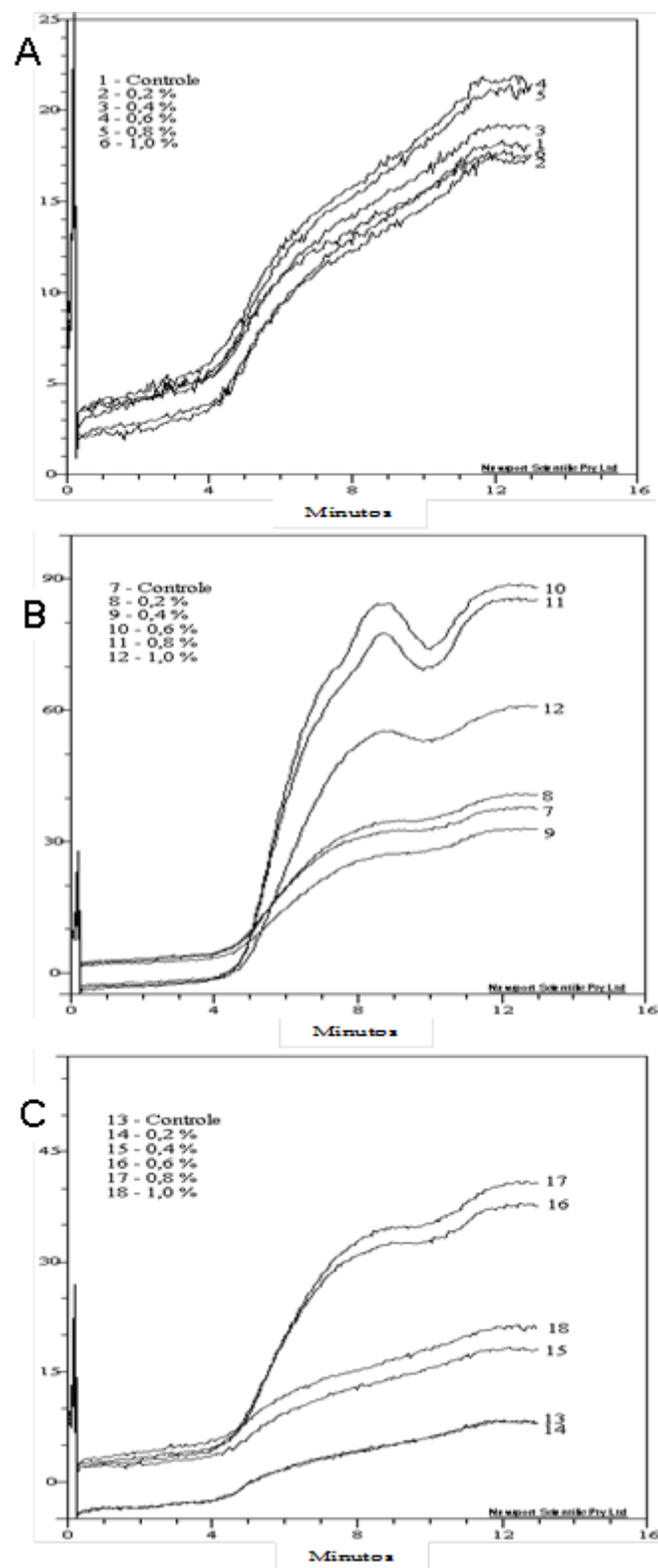


Figura 10 – Curvas de viscosidade, obtidas em RVA, de arroz parboilizados com uso de ácido tartárico (A), ácido cítrico(B) e ácido láctico(C).

Verifica-se, pelos resultados apresentados, que o uso de reguladores de pH na água de encharcamento, durante a parboilização, pode ser uma boa

alternativa para melhorar o desempenho industrial, pois esse parâmetro representa ganho econômico para as indústrias. As melhores características de cor foram observadas com a utilização de ácido cítrico.

Os resultados permitem verificar que o uso de reguladores de pH na água de encharcamento é uma alternativa promissora para melhorar as características do arroz parboilizado.

5 CONCLUSÕES

5.1. A parboilização com a utilização de ácidos orgânicos como reguladores de pH na água de encharcamento resulta em grãos de arroz mais claros, sendo que o ácido cítrico apresentou os melhores resultados.

5.2. O tempo de cocção, a dureza, a gomosidade e a mastigabilidade reduziram com a utilização dos reguladores de pH, enquanto o grau de gelatinização e rendimento de inteiros aumentou com a utilização dos reguladores de pH na água de encharcamento,

5.3. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico, a incidência de defeitos, e a composição proximal não se alteraram com a utilização de reguladores de pH.

5.4. Nas propriedades viscoamilográficas (RVA) há aumentos no pico de viscosidade, na viscosidade de quebra, na viscosidade final e na retrogradação, com a utilização de reguladores de pH, na água de encharcamento.

5.5. Na água de encharcamento, o aumento da concentração de ácidos adicionados para regular o pH provoca aumentos da lixiviação de sólidos e da condutividade elétrica, com diminuição do pH, da intensidade de cor e da turbidez.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC, 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, MN, USA.

ABBATEMARCO, C. RAMASWAMY, H.S. End-over-end thermal processing of canned vegetables: Effect on texture and color. **Food Research International**.v.27, p.327-334, 1994.

ABIAP – **Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado**. Disponível em: <<http://www.abiap.com.br>> Acesso em maio de 2015.

AMATO, G.W; ELIAS, M.C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre Ricardo Lenz editor, 160p., 2005.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. Moisture measurement unground grain and seeds. In: Standards, 2000.St. **Joseph: ASAE**, p. 563, 2000.

BHATTACHARYA, K.R., RAO, P.V.S.,. Effect of processing conditions on quality of parboiled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v.14, p.476–479,1966.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Comissão Técnica de Normal e Padrões. Instrução Normativa nº 06, de 16 de fevereiro de 2009. 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. Comissão Técnica de Normal e Padrões. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 23 out. 2007. Seção 1, p. 4.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em; <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em; 23/05/2015.

COUTO, M. A. L.; BRAZACA, S. G. C. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência Tecnologia. Alimentos**. v. 30 p.,15-19, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed., Artmed, Porto Alegre, 900p, 2010.

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

DIARIODEFARMACIA. <http://diariodefarmacia2010.blogspot.com.br> aceso em: 17/06/2015.

DORS, G.C; PINTO, R.H, BADIALE-FURLONG, E. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. **Ciência Tecnologia de limentos**, Campinas, v.29,p. 219-224, 2009.

DUTTA, H.; MAHANTA, C. Effect of hydrothermal treatment varying in time and pressure on the properties of parboiled rice with different amylose content. **Food Research International**, v. 49, p. 655-663, 2012.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 16/06/2015.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, p:652.2000.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://fao.org>. Acesso em: 24/05/2015.

FREITAS R. A.; PAULA, R. C.; FEITOSA, J. P. A.; ROCHA, S.; SIERAKOWSKI M. R. A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches. **Carbohydrate polymers**, v. 51, p. 25-32, 2003.

GHASEMI, E.; HAMED MOSAVIAN, M.T.; HADDAD KHODAPARAST, M.H. The Effect of Acetic and Lactic Acid on the Oil Uptake,Texture and Color of Rice

(Sang Tarom) During Cooking. **World Applied Sciences Journal**. 4 p.183-187, 2008.

GULARTE, M.A. **Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz**. 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2005.

GUNARATNE, A.; WU, K.; LI, D.; BENTOTA, A.; CORKE, H.; CAI, Y. Z. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1153-1161, 2013

GUTOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Estudo da água de maceração de arroz a 60 °C em diferentes condições e manejo. **Instituto Rio-Grandense de Arroz – IRGA: Lavoura Arrozeira**, v. 47, n. 414, p. 6-10, 1994.

Hatae, K.; Ayabe, S.; Kainuma, Y.; Shimada, A Improving the eating quality of thai rice by addition of ingredients to cooking water. **Journal of Cookery Science of Japan**, v.28, p231–236, 1995.

HEINEMANN, R.J.B.; FAGUNDES, P.L.; PINTO, E.A.; PENTEADO, M.V.C.; LANFER-MARQUEZ, U.M.; Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composotion and Analysis**, v.18, p.287-296, 2005.

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

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: Rice: Chemistry and Technology (edited by E.T. Champagne). Pp. 17–57. New Orleans, MN, USA: **American Association of Cereal Chemists**. Chapter 2, 1985.

LAMBERTS, L., BRIJS, K., MOHAMED, R., VERHELST, N., DELCOUR, J.A., Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 54, 9924–9929, 2006.

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

LANDL, A.; ABADIAS, M.; SÁRRAGA,C.; VIÑAS,I.;PICOUET,P.A. Effect of high pressure processing on the quality of acidified Granny Smith apple purée product. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v.11, p.557-564, 2010.

Lee, C. S. Studies on the cooking quality of mung bean starchThe properties of starch gel. **Journal of Cookery Science of Japan**, v.14, p.130–134. 1981.

Letícia Marques de ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; RADÜNZ, A. L.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos nutricional**, v. 20, p. 15-24, 2009.

LIU, Q.; Starch Modifications and Applications. In: CUI, S. W (Ed.). **Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications**, CRC Press, cap.8, p.357-406, 2005.

MARTIN, M.; FITZGERALD, M.A. Proteins in rice grains influence cooking properties! **Journal of Cereal Science**, v. 36, p.285-294, 2002.

MOONGNGARMA, A.; DAOMUKDA, N.; SAOWAROSE KHUMPIKA, S. Chemical composition, phytochemical and antioxidant capacity of rice bran. rice bran layer, and rice germ. **APCBEE Procedia**, v. 2, p. 73-79, 2012.

MORALES, V., OLANO, A., & CORZO, N. Ratio of maltose to maltulose and furosine as quality parameters for infant formula. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52,p. 6732–6736, 2004.

OHISHI, K., KASAI, M.; SHIMADA, A.; HATAE, K. Effect of Acetic Acid Added to Cooking Water on the Dissolution of Proteins and Activation of Protease in Rice. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 51, p.4054–4059, 2003.

PARAGINSKI, R.T.; ZIEGLER, V.; TALHAMENTO, A.; ELIAS, M. C. Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. **Brazilian journal of food technology**. v. p. 146-153 2014.

PARK, C.; KIM, Y.; PARK, K.; KIM, B. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. v.48, p.25-29, 2012.

PARK, J. K.; KIM, S. S.; KIM, K. O. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. **Cereal Chemistry**. v,78, p.151-156, 2001.

PAUCAR-MENACHO, L.M; SILVA, L.H.; SANT'ANA, A. S.; GONÇALVES, L. A. G. Refino de óleo de farelo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para preservação do γ -orizanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v.27, n.1, p. 45-53, 2007.

PEREIRA, K.D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27,p.88-92, 2007.

RODRIGUES, S. A. **Efeito de acidulantes, espessantes e cultivares nas características físico-químicas e estruturais do topping de mirtilo**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R.; Resistant Starch. A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 6 p.1-17, 2006

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 342-346, 1998.

SINGH, N.; PAL, N.; MAHAJAN, G.; SINGH, S.; SHEVKANI, K. Rice grain and starch properties: Effects of nitrogen fertilizer application. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 1, p. 219–225, 2011.

SINGH, N.; SINGH, H.; KAUR, K.; BAKSHI, M.S. Relationship between the degree of milling, ash distribution pattern and conductivity in brown rice. **Food Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 147-151, 2000.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B.; Morphological , thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, p.219–231, 2003.

SIRISOONTARALAK, P.; NOOMHORM, A. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. **Journal of Stored Products Research**, Manhattan, v. 42, n. 3, p. 264-276, 2006.

Souza, A. F.; Leão, M. F. ANÁLISES DOS MÉTODOS MAIS EFICIENTES NA INIBIÇÃO DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO EM FRUTAS E HORTALIÇAS. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. V. 8, p.117-125, 2012.

SUJATHA, S.J.; AHMAD, R.; BHAT, P.R. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India. **Food Chemistry**, 2003.

TUTIN, T.S., KEYWOOD, V.H., BUEGES, N.A., MOORE, D.R., VALENTINE, D.H., WALTERS, ed. Flore Europaea. V. **Cambridge Univ**. 385 f. 1980

VANIER, N. L.; PARAGINSKI, R.T.; BERRIOS, J. DE J.; OLIVEIRA, L. C.; ELIAS, M. C. Thiamine content and technological quality properties of parboiled rice treated with sodium bisulfite: Benefits and food safety. **Journal of Food Composition and Analysis**.v.41, p.98-103, 2015.

VIEIRA, N. R. de A.; CARVALHO, L. V. de. Qualidade Tecnológica. In: **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás Embrapa: Arroz e Feijão, 1999. p. 582-599.

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

YONGXIN LI; WILLS, R. B. H.; GOLDING, J.B. Sodium chloride, a cost effective partial replacement of calcium ascorbate and ascorbic acid to inhibit

surface browning on fresh-cut apple slices. **LWT - Food Science and Technology**. 2015.

ZEMEL G. P.; SIMS, C. A.; MARSHALL, M. R.; BALABAN, M. Low pH inactivation of polyphenoloxidase in apple juice. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 562-563, 1990.

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