

CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO CONVENCIONAL DE ARROZ NÃO PIGMENTADO

CAROLINE MONDINI^{1*}
THAISA C. V. BALBINOTI²
LUIZ M. M. JORGE³
REGINA M. M. JORGE^{1*}

O arroz ainda é o principal prato consumido por grande parte da população. Sua classificação é apresentada em relação ao seu processamento (inteiro, polido e parboilizado), sendo este último o foco do estudo. A etapa de hidratação é importante no processo de parboilização dos grãos, pois fornece a umidade necessária para a gelatinização do amido. O objetivo deste trabalho foi investigar o processo de cinética de hidratação de uma cultivar de arroz, bem como seus aspectos morfológicos. Os grãos descascados foram hidratados em regime convencional, foram coletadas alíquotas em intervalos de tempo determinados para cálculo da umidade e capturadas imagens para verificação de sua microestrutura. Na análise MEV, os grânulos apresentaram alteração em sua estrutura (gelatinização parcial) na temperatura de 50 °C, mas tornaram-se altamente condensados e rígidos apenas a 60 °C (maior gelatinização do amido). As temperaturas de 40, 50 e 60 °C atingiram a umidade desejada de 30% após cerca de 10, 5 e 3 horas respectivamente e nas temperaturas de 20 e 30° C ao final do processo (15 horas), esta umidade não foi atingida. O teor de umidade inicial do grão ficou em torno de 12,47%, o teor de umidade de equilíbrio foi de 27,16; 27,98; 30,38; 33,75 e 34,40% para temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 °C respectivamente, a taxa de hidratação apresentou valores maiores com o aumento da temperatura, reduzindo o tempo de processo. A microestrutura dos grãos sofreu alterações dependendo da temperatura de hidratação investigada.

PALAVRAS-CHAVE: ARROZ; GELATINIZAÇÃO; HIDRATAÇÃO ISOTÉRMICA; PARBOILIZAÇÃO; UMIDADE.

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – PPGEAL, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná.

²Departamento de Engenharia de Alimentos, Setor de Ciências Farmacêuticas, Alimentação e Nutrição, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

³Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá.

*E-mail para correspondência: caroline.mondini@ufpr.br; rjorge@ufpr.br

1 INTRODUÇÃO

O arroz pertence à família das gramíneas, sendo mais comum o consumo da espécie *Oryza sativa* L. É um alimento básico e de alto consumo pela população mundial, ocupando o segundo lugar no Brasil. De acordo com o IBGE (2020), por mais que o consumo do arroz tenha diminuído no decorrer dos anos devido ao acesso a comidas industrializadas, ele ainda faz parte do prato principal de consumo do brasileiro, pois há uma certa preocupação dos consumidores em se alimentar de forma saudável (OLIVEIRA; AMANTO, 2021; OECD-FAO, 2021).

Em relação ao seu beneficiamento, recebe a classificação de arroz integral, polido e parboilizado. O primeiro é retirado a casca e possui baixa procura pelo consumidor devido sua coloração escura e probabilidade maior de rancidez oxidativa. O polido é o mais aceito devido seu sabor e características estéticas, se apresentando menos nutritivo devido à remoção da camada externa e do germe. O terceiro é o grão submetido ao processo de hidratação, onde os nutrientes da casca são transferidos para seu interior enriquecendo assim seu meio (AMATO et al., 2002; MONKS, 2013; AMATO, ELIAS, 2005; SHRAIM et al., 2022).

A etapa de hidratação é muito importante no processo de parboilização do grão de arroz, pois proporciona a umidade requerida para a gelatinização do amido. O teor de água de água no início do processo é importante. Se for abaixo de 13% a água não se apresentará bem distribuída, a hidratação não será uniforme ocasionando ao final maior quantidade de grãos quebrados. Outro fator importante é a temperatura de hidratação que deve ser realizada na temperatura de gelatinização (T_g) do amido ou abaixo dela não sendo permitido temperaturas superiores que 75 °C, para que não ocorra sua cocção. Quando a hidratação é longa haverá um consumo maior de energia. Para uma otimização no tempo de processo é necessário um conhecimento das características de hidratação do arroz (SRIDHAR, 2013; MANOHAR, 2003; HELBIG et. al., 2008).

De acordo com Mattioda et al. (2019) e Panda et al. (2021) a hidratação é uma importante etapa em processos como germinação, parboilização e pode ser efetuada por diferentes operações. Na indústria, têm sido amplamente utilizando a hidratação isotérmica, também conhecida como hidratação convencional. Nesta operação os grãos são imersos em água quente onde é realizado um controle da temperatura e do tempo (MIAH et al. 2002; BALBINOTI et al., 2018). Alguns trabalhos que estudaram a hidratação isotérmica com objetivo de otimizar o processo foram: Mattioda et al. (2018) ao estudar grão de Trigo (BRS220), Balbinoti et al. (2022) ao estudar Arroz (SCS117CL), e Borges et al. (2017) em grãos de soja (BRS257).

Sendo assim o objetivo do presente estudo foi investigar o processo da cinética de hidratação desta cultivar de arroz, bem como seus aspectos morfológicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta e Preparação da amostra

Para os ensaios experimentais utilizou-se o cultivar de arroz BRS A 706 CL, desenvolvido pela Departamento da Embrapa Arroz e Feijão em parceria com a Empresa Brazeiro Sementes, localizados na cidade de Uruguaiana – RS. Os grãos foram doados e são provenientes da Safra de 2021/2022. Após a coleta dos grãos, realizou-se limpeza manual a fim de remover todos os materiais estranhos e grãos defeituosos e em seguida foram acondicionados em um tambor hermético em local arejado na ausência de luz

2.2 Procedimento experimental

2.2.1 Cinética de Hidratação Convencional

Os grãos foram acondicionados em béqueres de 500 mL contendo água destilada (FIGURA 1), utilizando uma proporção de massa de 1:4 (grãos de arroz com casca em água), sendo mantidos aquecidos em banho ultra termostático modelo SOLAB/152/30/Brasil sem agitação e sob pressão atmosférica nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 °C. Durante os ensaios realizou-se uma amostragem (3-5 gramas) em triplicata nas primeiras 3 horas a cada 30 minutos e depois a cada 1 hora até concluir 15 horas de hidratação. Em seguida as amostras foram secas em estufa a 105 °C por 24 horas (AOAC, nº 925.09, 1995). Os ensaios de hidratação isotérmicos do arroz foram monitorados quanto ao ganho de umidade (base úmida, b.u.) em função do tempo em cada fase do processo.

2.2.2 Análise Microestrutura

No final dos ensaios de hidratação, a fim de verificar as alterações estruturais (gelatinização do amido), foram capturadas imagens por meio de microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) – (VEGA 3LMV, Tescan, República Tcheca) com aceleração de tensão de 15 kV com cobertura metalizada com ouro (Bal-Tec/SCD.050/ Liechtenstein)

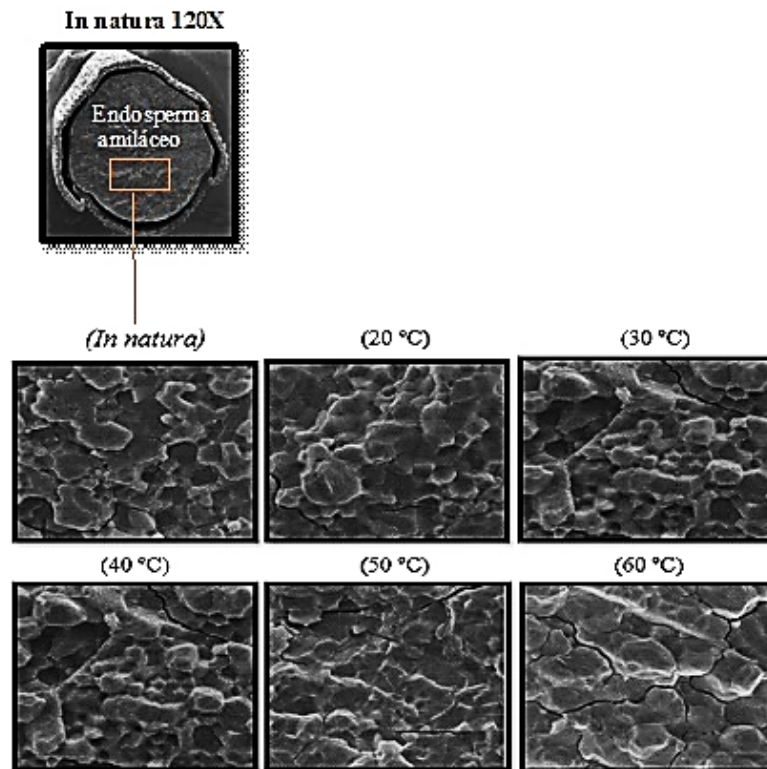
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Microestrutura do grão

As imagens adquiridas da morfologia do grão *in natura* na ampliação de 120 X e da estrutura interna no endosperma dos grânulos de amido a 5000X dos grãos hidratados nas diferentes temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 °C são apresentadas na Figura 1.

Conforme a água atinge níveis maiores de temperaturas devido à transferência de água, os grânulos de amido aumentam de volume até que ocorra sua gelatinização, ou seja o amido perde sua forma inicial por meio de ruptura, pois este fluído ao entrar em contato com o endosperma do grão e fornecer o calor necessário, ocasiona a quebra das ligações de hidrogênio entre as moléculas

de amido em suas regiões amorfas e quanto maior for a temperatura, mais estas moléculas irão se movimentar e ocasionar uma maior ruptura destes grânulos (BLAZEK; GILBERT, 2011; NACIMENTO et al., 2022). No presente



estudo, isto é observado na temperatura de hidratação de 50 °C os grânulos apresentaram uma modificação em sua estrutura (gelatinização inicial), porém tornou-se condensada e rígida apenas na temperatura de 60 °C (maior gelatinização do amido).

FIGURA 1 – IMAGENS CAPTURADAS PELO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DA CULTIVAR BR A 706.

NOTA: Ampliações de 5000X

3.2 Hidratação cinética convencional

O processo de hidratação do arroz foi monitorado quanto ao ganho de umidade (base úmida, b.u.) pelo período de 15 horas nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C conforme registrado na Figura 2. Já as frações mássicas obtidas em cada fase do processo nas curvas de hidratação são apresentadas na Tabela 1.

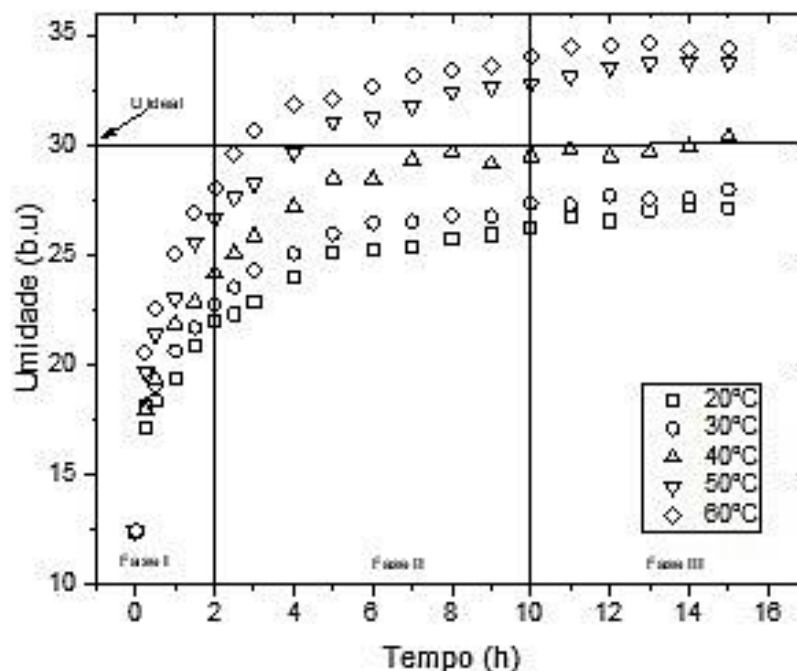


FIGURA 2 – CURVAS DE HIDRATAÇÃO CONVENCIONAL OBTIDAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS PARA O ARROZ BRS A706 CL.

De acordo com estudos de Nascimento et. al., (2022), a umidade desejada (U_{eq}) ao final do processo de hidratação é 30%. As temperaturas de 40, 50 e 60 °C atingiram essa umidade por volta de 10, 5 e 3 horas respectivamente. Porém na temperatura de 20 e 30 °C não foi possível, onde ao final do processo (15 horas), essa umidade ainda não foi alcançada. A umidade de equilíbrio e a taxa de hidratação apresentam valores maiores com o aumento da temperatura, reduzindo tempo de processo, é possível perceber que em todas as temperaturas isso ocorreu, estando em conformidade com o relato dos autores (MIANO e AUGUSTO, 2018).

TABELA 1 – FRAÇÃO DE ÁGUA ABSORVIDA PELO GRÃO DURANTE CADA FASE DO PROCESSO

T (°C)	Fase I	Fase II	Fase III
20	0,4334	0,1945	0,0330
30	0,4522	0,2010	0,0233
40	0,4841	0,2204	0,0296
50	0,5322	0,2289	0,0299
60	0,5555	0,2128	0,0111

Esse comportamento visualizado na Figura 2, demonstra a transferência de massa ao longo do processo de hidratação. Na fase inicial (0-2 h) ocorre uma alta taxa de difusão de água por conta do alto gradiente de concentração entre o sólido e o meio, apresentando teor médio de umidade (43,34 a 55,55%) para as temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C, respectivamente que pode ser justificada pelo mecanismo de capilaridade (presença de poros e fissuras na

casca e pericarpo do arroz) ocasionando maior entrada de água no interior do grão (NACIMENTO et al., 2022). Após esse período, observa-se que a força motriz do processo diminui de forma gradual no decorrer do tempo (fase II: 2-10 h), afetando assim a incorporação da água no grão (10 h), apresentando aumento na umidade entre 19,45 à 22,89%. E na fase final do processo (fase III: 10–15 h), o ganho de umidade varia entre 1,11 à 3,30%. Como o ganho de umidade é bem menor que nas fases anteriores podemos afirmar que a umidade começa se estabilizar, tendendo a uma assíntota horizontal. Comportamentos semelhantes foram observados por Nascimento et. al., (2022) ao estudar grãos de arroz, Patero e Augusto (2015) ao estudar sorgo, Carvalho et al., (2022) em estudos de grãos de feijão e Borges; Jorge; Jorge (2017) ao estudar soja da variedade (BRS 257).

4 CONCLUSÃO

A etapa de hidratação é muito importante no processo de parboilização do grão de arroz, pois proporciona a umidade requerida para a gelatinização do amido. A estrutura interna do grão sofre modificações conforme as temperaturas investigadas, sendo estas as variáveis de processo importantes neste estudo, tendo em vista que quanto maior esta for, mais rápido ocorrerá a ruptura dos grânulos e maior será a incorporação de água em seu interior.

Para que o grão atinja sua umidade de equilíbrio de forma mais rápida, esta não deve ser muito baixa por ocasionar maior quebra de grãos e nem maior que a temperatura de gelatinização do amido, evitando assim sua cocção.

CONVENCIONAL HYDRATION KINETICS OF UNPIGMENTED RICE

ABSTRACT

Rice is still the main dish consumed by a large part of the population. Its classification is presented in relation to its processing (whole, polished and parboiled), where the latter is the focus of the study. The hydration stage is important in the grain parboiling process as it provides the moisture required for starch gelatinization. The objective of this work was to investigate the hydration kinetics process of a rice cultivar, as well as its morphological aspects. The shelled grains were hydrated in a conventional regime, aliquots were collected at determined time intervals to calculate moisture and images were captured to verify their microstructure. In the SEM analysis, the granules showed a change in their structure (partial gelatinization) at a temperature of 50 °C, but it became highly condensed and rigid only at 60 °C (greater starch gelatinization). Temperatures of 40, 50 and 60 °C reached the desired humidity of 30% after around 10, 5 and 3 hours respectively and at temperatures of 20 and 30° C at the end of the process (15 hours), this humidity was not reached. The initial moisture content of the grain was around 12.47%, the equilibrium moisture content was 27.16; 27.98; 30.38; 33.75 and 34.40% for temperatures of 20, 30, 40, 50 and 60 °C respectively, the hydration rate showed higher values with increasing temperature, reducing process time. The microstructure of the grains underwent changes depending on the hydration temperature investigated.

KEYWORDS: rice; gelatinization; isothermal hydration; parboiling; moisture.

REFERÊNCIAS

- AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: Tecnologia limpa, produto nobre**. 1. ed. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002.
- AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **Parboilização do arroz**. Porto Alegre: Editora Ricardo Lenz Ziede, 2005. 160 p.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16. ed. Washington DC: Arlington, 2005.
- BALBINOTI, T. C. V.; JORGE, L. M. DE M.; JORGE, R. M. M. Mathematical modeling and thermodynamic properties of rice parboiling. **Journal Of Food Process Engineering**, v. 1, p. e12691, 201. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12691>
- BALBINOTI, T. C. V. **Parboilização do arroz: Revisão, estudo cinético da hidratação e melhoramento nutricional**. 140 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná – Setor de

Tecnologia, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56878>. Acesso em: 23 julho. 2022.

BLAZEK, J.; GILBERT, E. P. Application of small-angle X-ray and neutron scattering techniques to the characterisation of starch structure: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 85, n. 2, p. 281–293, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.02.041>

BORGES, C. W. C.; JORGE, L. M. DE M.; JORGE, R. M. M. Kinetic modeling and thermodynamic properties of soybean cultivar (BRS257) during hydration process. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 6, p. e12579, 1 dez. 2017. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12579>

CARVALHO, V. S. et al. Periodic operation as an alternative to intensify the hydration process of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Process Engineering*, p. e14114, 29 jun. 2022. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14114>

OLIVEIRA, M. D.; AMATO, G. W. **Arroz: tecnologia, processos e usos**. São Paulo: Blucher, 2021.

IBGE. **Arroz e feijão seguem como alimentos mais consumidos (2020)** Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28648-brasileiros-com-menor-renda-consomem-mais-arroz-e-feijao-e-menos-industrializados>>. Acesso em: 5 de julho. 2022

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADÜNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da Amilose e do Processamento na Formação e Estabilidade do Amido Resistente em Arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2008.

MATTIODA, F.; JORGE, L. M. DE M.; JORGE, R. M. M. Evaluation of water diffusivity in wheat hydration (*Triticum spp*): Isothermal and periodic operation. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, n. 4, e12683, 2018. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12683>

MATTIODA, F.; DE MATOS, JORGE L.M.; JORGE, R.M.M. Mathematical modeling of wheat hydration: Process and starch properties. **Journal of Food Process Engineering**, v, 42, n.1,2019. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12936>

MIAH, M. A. K.; HAQUE, A.; DOUGLASS, M. P.; CLARKE, B. Parboiling of rice. Part I: Effect of hot soaking time on quality of parboiled rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p. 527–537, 2002. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2621.2002.00610.X>

MONKS, J. L. F et al. Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 30, p. 73-79, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.01.009>

- MIANO, A. C.; AUGUSTO, P. E. D. The ultrasound assisted hydration as an opportunity to incorporate nutrients into grains. **Food Research International**, v. 106, p. 928 – 935, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.006>
- NASCIMENTO, K. M. et al. Microstructure of rice (*Oryza sativa* L .) and kinetics in hydrothermal process. **Journal of Food Process Engineering**, p. 1–11, 2022. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14131>
- OECD-FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. 2021.
- PANDA, B. K; MISHRA, G; PANIGRAHI, S.S; SHRIVASTAVAA, S. L. Microwaveassisted parboiling of high moisture paddy: A comparative study based on energy utilization, process economy and grain quality with conventional parboiling. **Energy**.v. 232, e 121011, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121011>
- PATERO, T.; AUGUSTO, P. E. D. Ultrasound (US) enhances the hydration of sorghum (*Sorghum bicolor*) grains. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 23, p. 11–15, 2015. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2014.10.021>
- SHRAIM, A. M. et al. Concentrations of essential and toxic elements and health risk assessment in brown rice from Qatari market. **Food Chemistry**, v. 376, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131938>
- SRIDHAR, B. S.; MANOHAR, B. Hydration Kinetics and Energy Analysis of parboiling Indica Paddy. **Biosystems Engineering**, v. 85, n. 2, p. 173–183, 1 jun. 2003. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00039-4)

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a CAPES pela bolsa concedida, ao CNPq pelo fomento e ao CME/UFPR – Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR pelas análises de imagem.