

## ESTUDO DA SECAGEM E ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

PAULO C. CORADI<sup>1</sup>, LELIA V. MILANE<sup>2</sup>, MARIA G. O. ANDRADE<sup>3</sup>, LUCAS J. CAMILO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Professor Adjunto III, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Cachoeira do Sul, UFMS-RS, Fone: (0XX51) 3722-3247, [paulo.coradi@ufsm.br](mailto:paulo.coradi@ufsm.br)

<sup>2</sup> Estudante de Mestrado em Agronomia, UFMS/CPCS-MS

<sup>3</sup> Estudante de Graduação em Agronomia, UFMS/CPCS-MS

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos das temperaturas do ar de secagem e das condições de armazenamento sobre a qualidade dos grãos de milho para produção de etanol. O trabalho de pesquisa foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Grãos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x2x2) (temperaturas do ar de secagem de 80, 100 e 120 °C x condições de armazenamento à 23 °C e 10 °C x tempo de armazenamento de zero e seis meses). Os grãos de milho foram colhidos com teor de água de 18% (b.u.). Os grãos foram submetidos à secagem em estufa de convecção com ventilação forçada do ar até atingirem os teores de água de 12% (b.u.), em seguida, os grãos foram armazenados. Concluiu-se que o aumento da temperatura do ar de secagem reduziu os teores de lipídeos, a porcentagem de amido e o rendimento de etanol em 38,74 L ton<sup>-1</sup> de grãos. A condição de armazenamento em ambiente refrigerado a 10 °C foi favorável à manutenção dos teores de lipídeos (+2%), porcentagem de amido (+6%) e rendimento de etanol (+33 L ton<sup>-1</sup> de grãos).

**PALAVRAS-CHAVE:** biocombustíveis, indústria, *Zea mays* L.

### DRYING AND STORAGE STUDY OF CORN GRAINS FOR ETHANOL PRODUCTION

**ABSTRACT:** The aim of the study was to evaluate the effects of drying air temperature and storage conditions on the quality of corn grain for ethanol production. The research was conducted at Laboratory of Postharvest Grain of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS). The experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial scheme (3x2x2) (drying air temperatures of 80, 100 and 120 °C x storage conditions at 23 °C and 10 °C x zero storage time and six months). The corn grains were harvested with a water content of 18% (w.b.). Then, they were subjected to drying in a convection oven with forced ventilation of air until the water content reached 12% (w.b.), then the grains were stored. It was concluded that increasing the drying air temperature reduced lipid content, the starch percentage and yield of ethanol in 38.74 L ton<sup>-1</sup> of grains. The storage conditions under refrigeration at 10 °C was favorable for the maintenance of lipid levels (+2%) percentage of starch (+6%) and ethanol yield (33 L ton<sup>-1</sup> of grains).

**KEYWORDS:** biofuels, industry, *Zea mays* L.

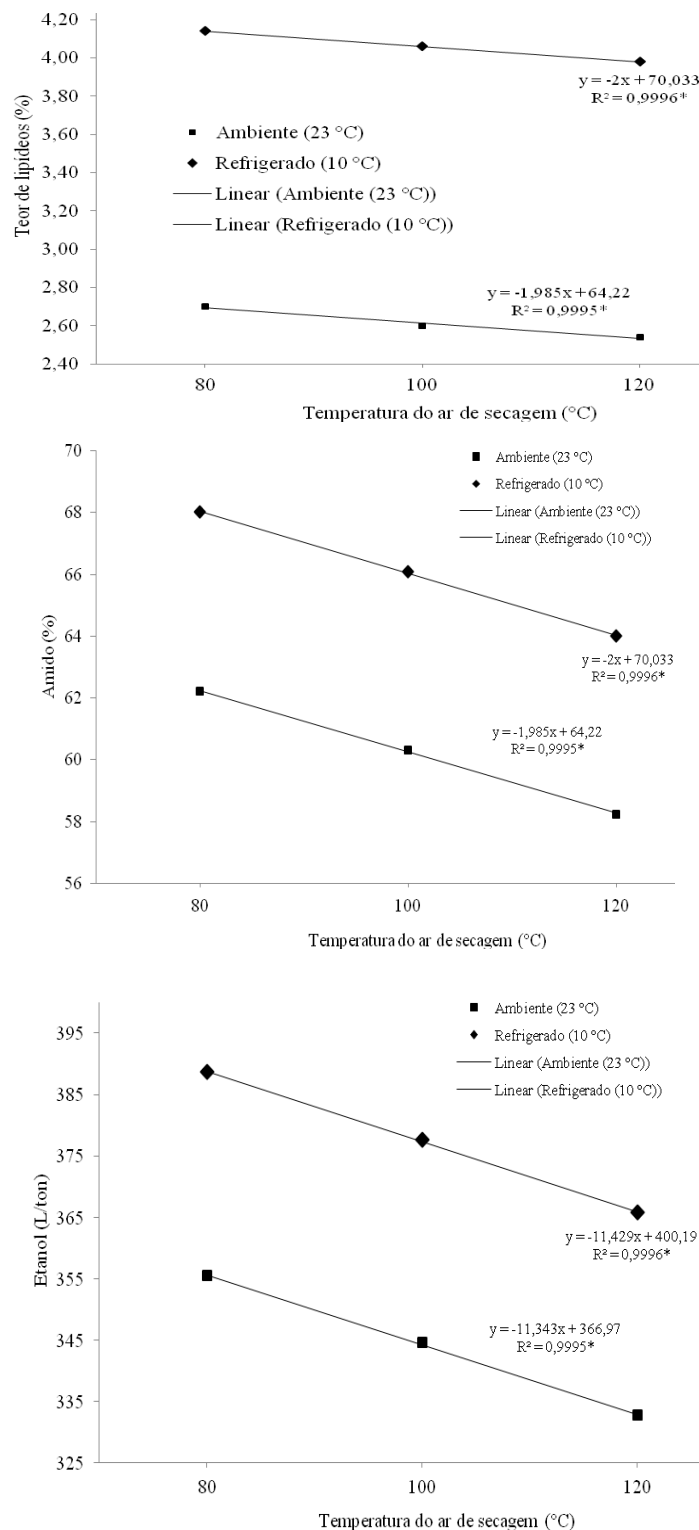
**INTRODUÇÃO:** O milho (*Zea mays* L.) é cultivado mundialmente, nativo da América Central e sua importância econômica é evidenciada pelas diversas formas de uso, seja no consumo animal ou humano (FAO, 2015). O Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de milho, com produção de 72 milhões de toneladas na última safra (ABIMILHO, 2014). Com a enorme capacidade produtiva do Brasil é importante oferecer produtos de qualidade ao mercado, fazendo com que as práticas adotadas da colheita ao armazenamento, sejam as mais adequadas e seguras, evitando perdas e

conservando as qualidades (CORADI et al., 2015). O Brasil e os Estados Unidos são líderes mundiais na produção de etanol (HETTINGA et al., 2009) que é de aproximadamente de 13,5 milhões de galões. O Brasil contribuiu com 33,3% desse volume, produzindo álcool a partir da cana-de-açúcar, e os Estados Unidos produziram 36,3%, a partir do milho (DINNEEN, 2015; FAO, 2015). Em contrapartida, existem algumas preocupações que poderiam impactar na tomada de decisão de implementar uma unidade de produção de etanol com base em grãos de milho no Brasil, por exemplo, o setor de pós-colheita, precisamente a secagem e a armazenagem dos grãos, já que o milho é uma cultura produzida em duas safras do ano e para atender a produção de etanol os grãos precisariam ser estocados. A falta de infraestrutura de armazenagem no país e a utilização de técnicas inadequadas acarretariam em maiores perdas quantitativas e qualitativas dos grãos, refletindo diretamente na produção do etanol. Sendo assim, o objetivo foi avaliar os efeitos das temperaturas do ar de secagem (80, 100 e 120 °C) e das condições de armazenamento (23 °C / 60% de UR e 10 °C / 40% de UR) utilizadas no Brasil, sobre a qualidade dos grãos de milho (*Zea mays* L.) e no rendimento industrial do etanol.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho de pesquisa foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul (CPCS), no Laboratório de Pós-Colheita de Grãos e no Laboratório de etanol da Usina USIMAT, localizada no município de Campos de Júlio, estado de Mato Grosso, Brasil. Os experimentos foram instalados em um delineamento inteiramente casualizado: o primeiro experimento foi instalado em esquema fatorial (7x3) (teores de água: 18, 17, 16, 15, 14, 13 e 12% (b.u.) x temperaturas do ar de secagem de 80, 100 e 120 °C), enquanto que o segundo experimento foi instalado em esquema fatorial (3x2x2) (temperaturas do ar de secagem de 80, 100 e 120 °C x condições de armazenamento ambiente de 23 °C / 60% de UR e refrigerado a 10 °C / 40% de UR x tempo de armazenamento de zero e seis meses). O milho utilizado no experimento foi enquadrado, segundo o MAPA/Brasil, no grupo de duro. Os grãos de milho foram colhidos de forma aleatória, com teor de água de 18% (b.u.). De posse do material, as impurezas e os grãos danificados foram separados, manualmente. Em seguida, os grãos foram submetidos à secagem em estufa de convecção com ventilação forçada do ar, nas temperaturas de 80, 100 e 120 °C até atingirem os teores de água de 12% (b.u.). Para cada temperatura do ar de secagem, foram realizadas três repetições e, para cada repetição, foram utilizados 2 kg de grãos de milho. Em seguida, os grãos foram armazenados em ambiente com temperatura de 23 °C e refrigerado com temperatura de 10 °C, durante seis meses. Nos tempos zero e seis meses de armazenamento foram avaliados o teor de água dos grãos, os teores de lipídeos, a porcentagem de amido e o rendimento de etanol. O teor de água (%) foi determinado pelo método padrão da estufa, 105 ± 5 °C durante 24 h com três repetições conforme recomendado (AOAC, 2000). As análises de teor de lipídeos, teor de amido e o rendimento de etanol foram realizados de acordo metodologia proposta Kwiatkowski et al. (2006). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos dos tratamentos avaliados pelo teste F e, quando significativos, foram submetidos à análise de regressão.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 1, observaram-se os teores de lipídeos em grãos de milho, em função da redução dos teores de água e do aumento da temperatura do ar de secagem. O aumento da temperatura do ar de secagem reduziu os teores de lipídeos dos grãos de milho, independente do teor de água dos grãos. De acordo com Menezes et al. (2012), o aumento das temperaturas do ar de secagem resulta em aumento na porcentagem de grãos com fissuras, que, associado a outros efeitos de secagem, afetam, negativamente, a qualidade físico-química dos grãos. Com o armazenamento dos grãos de milho, durante seis meses, em diferentes ambientes, os efeitos sobre os teores de lipídeos foram ainda mais significativos, pois o ambiente de 23 °C acelerou o processo de deterioração dos grãos, diminuindo os teores de lipídeos, este processo foi ainda mais intensivo para os grãos secos com temperaturas mais elevadas. Observou-se que as reduções dos teores de água dos grãos secos com temperatura do ar de 80, 100 e 120 °C, respectivamente, influenciaram no aumento da concentração de amido e no rendimento final do etanol. Este aumento foi de aproximadamente 6 a 8% de amido e 34 litros de etanol, quando os grãos foram secos de 18 para 12% (b.u.) de umidade. Oliveira et al. (2010) afirmam que quando avaliaram o teor de amido em aveia

branca com temperatura de secagem de 25, 50, 75 e 100 °C, verificou-se que ocorreu redução do teor de amido com o aumento da temperatura de secagem. A redução de amido e fibra alimentar solúvel pode ser explicada pelo emprego de altas temperaturas que levam a complexação destes compostos (BROWN et al., 2013).



\*Significativo a 5% de probabilidade

Figura 1. Teores de lipídeos e amido (%), rendimento de etanol (L ton<sup>-1</sup>) em grãos de milho secos com diferentes temperaturas do ar e armazenados em diferentes ambientes.

Na secagem com temperatura do ar de 80 °C, ao final do processo, a porcentagem de amido dos grãos de milho foi de 68,22% e o rendimento de etanol de 389,83 L ton<sup>-1</sup> de grãos, enquanto que, para os grãos secos com temperatura do ar de 100 °C, a porcentagem de amido e etanol foi de 66,20% e 378,29 L ton<sup>-1</sup> de grãos, enquanto que, para os grãos secos com temperatura do ar de 120 °C a porcentagem de amido e etanol foi reduzida para 64,12% e 366,40 L ton<sup>-1</sup> de grãos, respectivamente. Para a condição de armazenamento em ambiente natural (23 °C), a porcentagem de amido variou de 58,24 a 62,21%, de acordo com a temperatura do ar de secagem utilizada nos grãos, ou seja, com aumento da temperatura do ar de secagem diminuiu a porcentagem de amido. A mesma tendência ocorreu para o rendimento de etanol, em que a variação foi de 332,80 a 355,49 L ton<sup>-1</sup> de grãos. No armazenamento dos grãos em ambiente refrigerado (10 °C), a porcentagem de amido (64,01 a 68,01%) e o rendimento de etanol (365,77 a 388,63 L ton<sup>-1</sup> de grãos) foram mais elevados.

**CONCLUSÕES:** O aumento da temperatura do ar de secagem reduziu os teores de lipídeos, a porcentagem de amido e o rendimento de etanol em 38,74 L ton<sup>-1</sup> de grãos. A condição de armazenamento em ambiente refrigerado a 10 °C foi favorável à manutenção dos teores de lipídeos (+2%), porcentagem de amido (+6%) e rendimento de etanol (+33 L ton<sup>-1</sup> de grãos).

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a UFSM, UFMS, FUNDECT – MS e CNPq pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias do milho: estimativa de oferta e demanda. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatistica>>. Acesso em: 08 de agosto de 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, v. 2, n. 11, p. 4-12., 2000.
- BROWN, T. R.; BROWN, R. C. A review of cellulosic biofuel commercial-scale projects in the United States. **Biofuel Bioprod Bioref**, v. 7, n. 3, p. 235–245, 2013.
- CORADI, P. C.; LACERDA FILHO, A. F. de; CHAVES, J. B. P.; MELO, E. C. Quantification of physical losses products in a plant of feed. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, p. 105-118, 2015.
- DINNEEN, B. **Ethanol Industry Outlook**. [Online]. Renewable Fuels Association. Available at: <http://www.ethanolrfa.org/> [accessed 10 August 2015].
- FAO. **Food and Agricultural Organization**, 2012.
- HETTINGA, W. G.; JUNGINGER, H. M.; DEKKER, S. C.; HOOGWJK, M.; MCALOON, A. J.; HICKS, K. B. Understanding the reductions in US corn ethanol production costs: An experience curve approach. **Energ Policy**, v. 37, n. 11, p. 90-203, 2009.
- KWIATKOWSKI, J. R.; MCALOON, A. J.; TAYLOR, F.; JOHNSTON, D. B. Modeling the process and costs of fuel ethanol production by the corn dry-grind process. **Industrial Crops and Products**, v. 23, p. 288-296. 2006.
- MENEZES, N. L. CICERO, S. M.; VILLELA, F. A.; BORTOLOTTI, R. P. Using X-Rays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 70-77, 2012.
- OLIVEIRA, L. D. A. C.; GUTKOSK, L. C.; ELIAS, M. C.; MAZZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C. da. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência & Agrotecnologia**. Lavras, MG, v. 34, n. 2, 2010.