

DESENVOLVIMENTO DE UM APARATO EXPERIMENTAL PARA O MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DO AMBIENTE INTERGRANULAR DURANTE O TRANSPORTE DE GRÃOS

JONNAS DE MARCHI¹, RODRIGO SINAIDI ZANDONADI², MARY GRACE DANAIO⁴, RICHARD S. GATES³,

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT - Campus Sinop, jonnasdemarchi030@hotmail.com

² Prof. Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, ICAA-UFMT, Sinop-MT, rsz@ufmt.br

³ Assistant Professor, Agricultural and Biological Engineering, University of Illinois, gdanao@illinois.edu

⁴ (palestrante), Professor, Agricultural and Biological Engineering, University of Illinois, rsgates@illinois.edu

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Apesar da expressiva produção de grãos no país, principalmente no Estado de Mato Grosso, vários problemas dificultam sua distribuição e comercialização, dentre eles destacam-se o armazenamento, a conservação e o transporte. O transporte da produção é dado, principalmente, através do modal rodoviária, onde encontra-se um dos maiores gargalos da atividade agrícola, por consequência, aumentando o custo de produção e reduzindo a competitividade dos produtos no mercado internacional. Este trabalho teve por objetivo desenvolver um aparato experimental para monitorar temperatura, umidade relativa e concentração de gás carbônico do ambiente intergranular da massa de grãos durante o transporte. O aparato foi desenvolvido com quatro câmaras ao longo de sua altura, sendo elas, duas para mensurar T, UR e CO₂ e duas para T e UR, permitindo o monitoramento de T e UR em quatro pontos ao longo da altura da coluna de grãos e em dois pontos para CO₂. Foram realizados cinco testes do aparato em caminhão nos meses de Junho, Julho e Agosto de 2013. Não foram observados variações no comportamento dos parâmetros avaliados, devido ao grão estar sendo transportado com baixos teores de umidade.

PALAVRAS-CHAVE: Transporte de grãos, perdas na pós-colheita, qualidade de grãos

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL APPARATUS FOR MONITORING INTERGRANULAR GRAIN ENVIRONMENT PARAMETERS DURING TRANSPORT

ABSTRACT: Despite the substantial grain production in the Brazil, mainly in the state of Mato Grosso, several problems hamper its distribution and marketing such as lack of storage and the transportation condition. The transport of grain is mainly by road, which is one of the major bottlenecks in Mato Grosso agriculture, resulting in increased cost of production and reduced competitiveness of products in the international market. The objective of this study was to develop an experimental apparatus for monitoring temperature (T), relative humidity (RH) and carbon dioxide (CO₂) concentration of the grain mass intergranular atmosphere during road transportation. The apparatus was developed with four chambers along its height: two for measuring T, RH and CO₂ and two for T and RH. Thus, T and RH are measured at four points along the height of grain column and two points for CO₂ concentration. Five tests of the apparatus on trucks transporting soybeans in the months of June, July and August 2013 were performed, however, no change in the behavior of the parameters evaluated were observed, due to low soybean moisture contents.

KEYWORDS: Grain transportation, post-harvest losses, grain quality

INTRODUÇÃO: A movimentação da economia brasileira é dada principalmente pela produção agrícola, através de exportações, e comercialização interna da produção. Portanto, é de suma importância identificar e controlar os problemas observados nessa atividade, principalmente numa das etapas que se encontram grandes perdas, como o transporte rodoviário. A logística de transporte de grãos brasileira está fortemente concentrada no modal rodoviário, representando 60% da matriz de transporte nacional (ABIOVE, 2009). Conforme Ometto (2006), um dos principais gargalos visíveis na produção agrícola do Brasil está relacionado à logística de transporte, representando grandes prejuízos para o país. Frente aos desafios logísticos na distribuição de grãos, surge a necessidade de desenvolver novos estudos mapeando falhas, criando soluções e aperfeiçoando-as. Nota-se a importância de identificar as dificuldades que o país enfrenta no transporte de grãos, e assim diminuir a desvantagem encontrada perante a competitividade do mercado internacional (CARVALHO *et al*, 2012). É observado que os parâmetros como temperatura, umidade e CO₂, estão associados diretamente à perda de qualidade do produto, influenciando em todos os processos produtivos. Por isso é de grande importância o conhecimento e controle dessas variáveis em todos os processos da produção. Com base no exposto objetivou-se por este trabalho desenvolver um aparato experimental (protótipo) para monitorar parâmetros do ambiente intergranular durante o transporte de grãos, como temperatura, umidade relativa do ar e concentração de dióxido de carbono. Podendo ser utilizado posteriormente como uma ferramenta para pesquisas da perda qualidade do grão durante o transporte.

MATERIAL E MÉTODOS: O projeto e desenvolvimento da sonda foi conduzido no Laboratório de Máquinas da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) - *Campus Sinop*, nos meses de Março, Abril e Maio de 2013. Com o objetivo de monitorar as condições do ambiente intergranular da massa de grãos (temperatura, umidade relativa e concentração de CO₂) durante o transporte, o aparato foi desenvolvido baseado nos seguintes pré-requisitos para viabilizar a condução do estudo: (i) Permitir a leitura dos parâmetros em diferentes alturas da coluna de grãos formada na carroceria do caminhão; (ii) Alojamento de sensores de temperatura, umidade relativa e gás carbônico de maneira que ficassem protegidos mas que permitissem ainda a mensuração dos parâmetros em questão; (iii) Permitir o monitoramento do ambiente intergranular e o rastreamento da trajetória do veículo, sendo feito o registro dos dados em uma unidade de armazenamento; e (iv) Ser portátil e de rápida instalação.

A etapa de instrumentação foi dada pela seleção dos sensores, a montagem do sistema de aquisição e registro de dados e também o desenvolvimento do algoritmo para coleta de dados: Para o monitoramento da temperatura e umidade relativa, foi utilizado o sensor digital SHT 15 da plataforma Sensirion. Para o monitoramento da concentração de dióxido de carbono intergranular, foi utilizado o sensor infravermelho K33 BLG da plataforma CO₂EngineTM, projetado para medir concentrações de CO₂ em até 30%, assim como temperatura e umidade relativa. A sonda também foi equipada com um Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS) da marca Garmin modelo GPS 18x para efeito do monitoramento das coordenadas geográficas, hora, data e velocidade do veículo. O sistema de aquisição de dados foi desenvolvido com uma placa controladora microprocessada (Arduino MEGA 2560), utilizando módulos adaptadores para armazenamento de dados em cartão SD e comunicação sem fio via rádio frequência para verificação remota do funcionamento dos sensores. Foram realizados dois tipos de testes com o aparato, sendo o teste estático e o outro em campo. No teste estático sobre uma bancada foi possível verificar problemas no funcionamento da sonda que pudesse ocorrer, no circuito de comunicação e alimentação, além de aferir o funcionamento dos sensores. Já os testes de campo, foram conduzidos em caminhões nos meses de Julho e Agosto (período entressafra) de 2013, no transporte da soja com baixos teores de umidade de Cláudia para Nova Mutum, de Sinop para Nova Mutum e de Sinop para Rondonópolis. As distâncias percorridas em cada trajeto foram de aproximadamente 290, 240 e 700 km.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O aparato experimental desenvolvido (Figura 1), foi construído em PVC, sendo robusto o suficiente, leve e portátil para a rápida instalação nos caminhões, interferindo o mínimo possível na rotina do motorista. O aparato possui quatro câmaras ao longo de sua altura, sendo a câmara 1 e 3 para alojar os sensores de temperatura e umidade relativa (SHT15) e as câmaras 2 e 4 para alojar os sensores de dióxido de carbono, temperatura e umidade relativa (K33). Desta forma, foi feito o monitoramento dos parâmetros do ambiente intergranular em quatro pontos ao longo da altura da coluna de grãos, sendo a 0,15 e 1,20 cm de altura para T e UR e a 0,70 e 1,70 cm para CO₂, T e UR.

As câmaras foram montadas com espaçadores de 35 cm de comprimento feitos em tubos de PVC 50,8 mm e fixadas por parafusos 6 x 1/2". As mesmas foram isoladas utilizando buchas de tecnil nas extremidades, de maneira a evitar influências na leitura dos parâmetro de uma câmara para outra, já que pode existir gradiente de T, UR e CO₂ ao longo da altura da coluna de grãos devido às condições do produto. Na extremidade inferior da câmara 1 foi utilizado um CAP soldável de PVC para a vedação e na extremidade superior da câmara 4 foi utilizado um tubo 50,8 mm com 10 cm de comprimento para fazer a conexão entre a câmara e caixa de instrumentação.

A alimentação do circuito foi feita através da bateria do caminhão em 12V, passando pelo regulador de tensão LM 7809 reduzindo a tensão para 9V para a alimentação da placa controladora e sensores K33. Os demais elementos do circuito, como sensores SHT 15 e o sensor GPS, foram alimentados em 5V através da placa controladora. Para tornar o circuito de comunicação e alimentação compacto, foi desenvolvida uma placa de condicionamento de sinais, onde foi montado o regulador de tensão LM 7809, o relógio RTC e o conversor de sinal lógico PCA 9306.

No teste estático, foram observados alguns problemas no funcionamento do aparato, como: falha no armazenamento de dados e o reinício repentino da rotina de leitura dos sensores. Os problemas foram solucionados com o desenvolvimento de uma nova placa de condicionamento de sinal. A nova versão da placa de condicionamento de sinais foi montada sem o relógio RTC, sendo utilizado data e hora obtidos pelo sensor de posicionamento GNSS para controle e organização dos dados. O conversor de sinal lógico PCA 9306 também foi substituído por um circuito resistivo tipo pull-up, para fazer o condicionamento do sinal para a comunicação entre os sensores K33 e a placa microprocessada Arduino. No teste de campo, foram conduzidos quatro avaliações do aparato, sendo um no mês de julho e três no mês de agosto, com tempo mínimo de coleta de dados de 12 horas e máximo em torno de 28 horas. A instalação do aparato no caminhão foi relativamente simples, sendo instalado antes do carregamento. A sonda era posicionada na vertical, no centro da carga, evitando possíveis interferências do microclima da massa de grãos próximo as extremidades da carga dada pela troca de calor entre a carroceria e o meio externo.

Devido à baixa umidade dos grãos transportados durante todos os testes realizados (Tabela 1), os parâmetros intergranulares monitorados apresentaram-se estáveis, após a primeira hora de monitoramento. Os dados do Teste 1 foram apresentados nas Figuras 2 e 3.

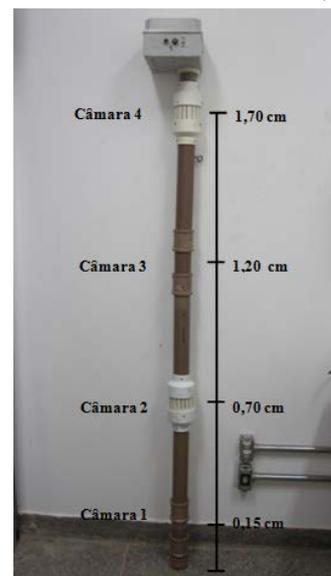


FIGURA 1. Aparato desenvolvido

TABELA 1. Informações sobre as viagens monitoradas.

Informações da viagem		Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Data		20/07/2013	25/08/2013	27/08/2013	31/08/2013
Trajetos	De Para	Cláudia Nova Mutum	Sinop Nova Mutum	Cláudia Nova Mutum	Sinop Rondonópolis
Distância	(km)	290	240	290	700
Umidade grão (%)	Saída	12,0	12,0	12,0	10,8
	Chegada	11,8	11,6	11,8	10,6
Câmaras 1, 2 e 3 (inseridas na massa de grãos)					
Temp. ar (°C)	Min	27,7	23,9	24,1	23,0
	Max	29,9	25,0	24,8	27,0
UR (%)	Min	72,0	64,0	67,1	59,2
	Max	74,3	73,5	70,6	73,8
CO₂ (%)	Min	0,010	0,008	0,008	0,009
	Max	0,024	0,014	0,013	0,022

A câmara 4, posicionada acima da massa de grãos, apresentou comportamento similar em todas as viagens, com valores de CO₂ superiores a câmara 2, sendo observado valores iniciais entre 0,015 e 0,029% e máximos entre 0,022 e 0,034%. Esperava-se que não houvesse diferença entre as câmaras já que os grãos apresentavam respiração discreta devido a baixa umidade, podendo ser justificado como um possível descalibração dos sensores utilizados.

O Teste 1 ocorreu no dia 20 de Julho de 2013, no transporte da soja de Cláudia para Nova Mutum, com um período de coleta de dados de aproximadamente 17 horas.

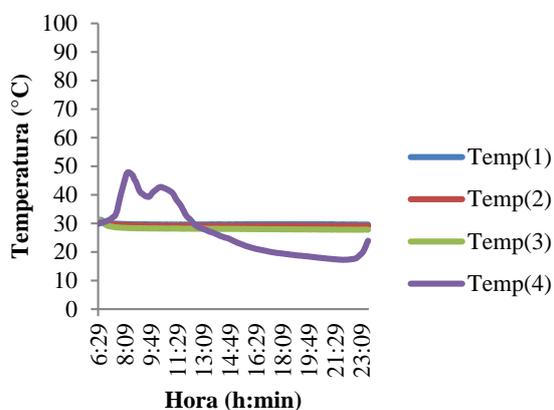


FIGURA 2. Temperatura intergranular durante o teste 1.

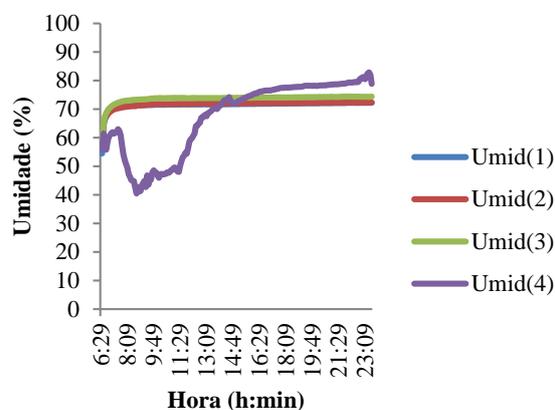


FIGURA 3. Umidade relativa intergranular durante o teste 1.

Como já era previsto para o transporte de grãos secos, as câmaras inseridas em meio a massa de grãos (câmara 1, 2 e 3) não obtiveram variação de temperatura e umidade relativa do ar intergranular durante o transporte, devido ao grão estar com sua atividade metabólica reduzida em consequência da baixa umidade, e apresentar característica de ser um bom isolante térmico. Somente a câmara posicionada acima da massa de grãos (câmara 4) apresentou variação expressiva na temperatura e umidade relativa do ar, em virtude do ambiente estar em contato direto com o meio externo através da lona do caminhão, tendo uma variação correspondente ao ambiente externo, porém com maiores temperaturas devido a ser um ambiente fechado. A concentração de dióxido de carbono no ambiente intergranular manteve-se relativamente constante, após a primeira hora de leitura, devido a taxa de respiração do grão ser diretamente associada com a temperatura e teor de umidade do mesmo.

CONCLUSÕES: O aparato atendeu ao propósito para o qual foi desenvolvido, permitindo o monitoramento dos parâmetros ao longo da altura da coluna de grãos, além da posição geográfica do caminhão durante o transporte, registrando os dados em cartão SD. O aparato apresentou estrutura leve e resistente, oferecendo praticidade e agilidade em sua instalação. Pode-se observar nos testes de campo, que para grãos com baixos teores de umidade não houve variação dos parâmetros monitorados, devido a atividade metabólica do grão encontrar-se reduzida em função dos baixos teores de água. Portanto, conclui-se que o aparato pode ser uma boa ferramenta para o estudo da perda de qualidade do grão transportado durante o período da safra, já que os parâmetros monitorados do ambiente intergranular são diretamente relacionados com o estado de conservação do grão.

REFERÊNCIAS

ABIOVE-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **O Caso de sucesso do Agronegócio Soja no Brasil**. 04 de Março de 2009.

http://www.abiove.com.br/palestras/abiove_palestra_ukfarmers_mar09_br.pdf (acesso em 14 de Janeiro de 2014).

CARVALHO, D. C.; TONIAL, E.; VACCHIA, G. D.; POSTAL, R; CARVALHO, A. D. P. **Análise Logística de Redes de Transporte de Grãos no Território Brasileiro**. Congresso internacional de administração, Ponta Grossa- PR, Setembro, 2012.

OMETTO, J. G. S. **Os gargalos da agroindústria**. O Estado de São Paulo, 22 de maio 2006.