

RETROFIT MODULAR DE UM TRANSMISSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA HD9008TRR: REVISÃO TECNOLÓGICA DE EMPRESAS DE MONITORAMENTO DE GRÃOS NA REGIÃO SUL BRASILEIRA

RICARDO HAMMES STONE; ÁDAMO DE SOUSA ARAÚJO²; RICARDO SCHERER POHNDORF³

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – ricardohstone@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – adamoeng@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – ricardoscherer.eng@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

No Laboratório de Instrumentação Agrícola do Centro de Engenharias da UFPEL encontra-se em recuperação uma plataforma experimental composta por 12 transmissores de temperatura e umidade relativa HD9008TRR, originalmente destinados a aplicações meteorológicas. Os transmissores fornecem sinais 4–20 mA (SENSECA, 2025) adquiridos por módulos I-7017 e comunicados ao computador por RS-485/DCON. A plataforma apresenta falhas predominantemente mecânicas nas interfaces de campo, sendo necessária a substituição das interfaces de campo por conexões industriais mais robustas, motivando a proposta de retrofit.

Entretanto, a recuperação funcional do equipamento, por si só não define uma trajetória tecnológica de modernização. É necessário estabelecer quais grandezas, arquiteturas de sensoriamento, interfaces de comunicação e funções de automação devem orientar sua evolução. A tecnologia é funcional, mas comparado em níveis de Mercado, é uma estrutura limitada, em um período histórico no qual sistemas contemporâneos de armazenagem incorporam sensoriamento multiparamétrico, comunicação digital, conectividade IoT e automação no processo de aeração de grãos em silos e armazéns, incluindo além do tradicional monitoramento da temperatura, outras variáveis como a umidade relativa, CO₂, e condições meteorológicas externas.

Se mostra importante identificar as tecnologias mais modernas utilizadas por empresas nacionais e internacionais que atuem na região Sul, marcada por seus avanços industriais tecnológicos e forte demanda de armazenagem de grãos. As condições subtropicais do Sul brasileiro também são marcadas por elevada umidade relativa e expressiva variabilidade de temperatura sazonal, que tornam relevantes fenômenos como condensação dentro de silos graneleiros, migração de umidade e reumedecimento da massa de grãos, reforçando a importância do monitoramento conjunto de temperatura e umidade relativa para estabelecer as condições necessárias para a aeração dos grãos.

Desta forma o presente trabalho se propõe a fazer uma breve revisão bibliográfica dos principais fabricantes de equipamentos, especialistas em termometria e integradores de automação do mercado de silos e pós-colheita presentes da região Sul, sejam empresas locais, empresas de fora da região, ou estrangeiros, buscando conhecer as tecnologias ofertadas, para identificar requisitos técnicos para orientação de modernização da plataforma, considerando as grandezas monitoradas, as topologias de sensoriamento, as interfaces de comunicação, a conectividade, a interoperabilidade, a automação da aeração e as possibilidades de expansão.

2. ANÁLISE DE MERCADO

O levantamento não pretende esgotar o universo de fornecedores, mas identificar soluções representativas capazes de estabelecer referências funcionais para a modernização proposta.

O estado da tecnologia demonstra uma transição da termometria isolada para arquiteturas de monitoramento multiparamétrico e conectado. Termopares e sensores digitais permanecem entre as principais tecnologias para monitoramento da temperatura, enquanto a associação entre temperatura e umidade relativa intergranular permite estimar o teor de água de equilíbrio e fornecer informações adicionais para o manejo da armazenagem (LUTZ; CORADI, 2022; FERREIRA JUNIOR et al., 2024). Sistemas conectados agregam ainda registro histórico, comunicação sem fio, acesso remoto e automação, formando uma camada de supervisão e controle sobre o sensoriamento.

Como tecnologia complementar, é notável o monitoramento da concentração de CO₂, associado à respiração dos grãos, microrganismos e insetos. Sua utilização em conjunto com temperatura e umidade tem sido investigada como estratégia para identificação mais precoce de processos de deterioração, formando uma arquitetura de monitoramento integrado (RAMACHANDRAN, 2022; BILHALVA et al., 2023; KIAITSI et al., 2025).

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O desenvolvimento foi estruturado em três etapas: (I) diagnóstico e recuperação das interfaces do sistema legado, preservando a aquisição 4–20 mA; (II) consolidação da aquisição e registro dos dados T/UR; e (III) definição, a partir da revisão tecnológica e do benchmarking (Figura 1), de requisitos para expansão modular, incluindo comunicação digital, CO₂ e futura automação. A integração será conduzida progressivamente, permitindo avaliar novas funções sem substituição integral da infraestrutura existente.

Figura 1 – Benchmarking de tecnologias para aeração de grãos

Empresa	Localidade	Tecnologias relacionadas ofertadas
Kepler Weber / Procer	Panambi-RS / Criciúma-SC	Termometria digital; UR intergranular; cloud; automação de aeração
Fockink	Panambi-RS	Termopares; sensores digitais; aquisição automática; controle de aeração; integração com terceiros
NBRtec	Panambi-RS	Termometria; monitoramento remoto; histórico de dados; automação de aeração
Winckieel	Panambi-RS	Termopar e digital; UR intergranular; estação meteorológica; aeração automática
QualyAgro	Panambi-RS	Termometria digital e termopar; wireless; retrofit de cabos existentes; automação
Termoplex	Londrina-PR	Sensores digitais T/UR; LoRa; monitoramento remoto; automação
BPS Sistemas de Automação	Rio Verde-GO	Termometria; RS-485/Modbus; supervisão remota; automação de aeração
Garten	Pelotas - RS	CO ₂ , sensores digitais, T/UR, supervisão remota; automação
OPI Systems	Calgary, Canadá	Temperatura; umidade; CO ₂ ; monitoramento remoto; condicionamento automatizado

A comparação evidencia a predominância de soluções digitais e conectadas, frequentemente associadas à automação da aeração. Também se observam estratégias distintas de modernização: enquanto algumas soluções priorizam integração entre sensores, supervisão remota e controle, outras enfatizam interoperabilidade com infraestrutura preexistente ou comunicação sem fio. A presença de fornecedores concentrados em Panambi-RS reforça a relevância regional do polo de pós-colheita, enquanto os casos de BPS e OPI Systems fornecem contrapontos nacional e internacional para a arquitetura analisada.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Nesta etapa, a plataforma possui finalidade experimental, didática e de pesquisa, ainda não sendo elaborado seu modelo comercial ou política de preços

definidos. Futuras aplicações do desenvolvimento do trabalho podem acarretar transferência tecnológica, prestação de serviços de retrofit, ou desenvolvimento de automação para instalações de pós-colheita, condicionadas à validação técnica.

O transmissor de temperatura em si possui um potencial muito forte de aprimoramento. Após o conserto e calibração do equipamento, é possível gerar análise de dados. Posteriormente, é possível implementar um sistema Modbus sem anular o RS-485 usando um ESP32 para coordenação das funções, e instalar um sistema de detecção de CO₂, podendo ser conduzida comparações do sistema com os sensores de temperatura e umidade anteriores, conduzindo a um desenvolvimento das técnicas de mercado de sensoriamento e monitoramento de grãos.

5. CONCLUSÕES

A revisão evidencia que temperatura e umidade relativa do ar permanecem como grandezas centrais no monitoramento de grãos, porém sistemas comerciais atuais tendem à digitalização, conectividade, automação e integração de grandezas complementares, como CO₂. Nesse contexto, a recuperação do legado 4–20 mA mostra-se compatível com uma estratégia de modernização modular, preservando a infraestrutura funcional e incorporando progressivamente novas capacidades de monitoramento e controle.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BILHALVA, N. S. et al. Early detection of quality alterations in corn grains stored in vertical prototype silos using real-time monitoring of carbon dioxide and equilibrium moisture content. *Food and Bioproducts Processing*, v. 140, p. 242–258, 2023. DOI: 10.1016/j.fbp.2023.06.008.

FERREIRA JUNIOR, W. N. et al. Equilibrium moisture content: Use of intergranular relative air humidity sensors in silos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 28, n. 8, e280005, 2024. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v28n8e280005

LUTZ, E.; CORADI, P. C. Applications of new technologies for monitoring and predicting grains quality stored: Sensors, Internet of Things, and Artificial Intelligence. *Measurement*, v. 188, 110609, 2022. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.110609.

RAMACHANDRAN, R. P. Integrated approach on stored grain quality management with CO₂ monitoring – A review. *Journal of Stored Products Research*, v. 96, 101950, 2022. DOI: 10.1016/j.jspr.2022.101950.

Documentos eletrônicos

BPS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO. Soluções. Rio Verde: BPS Sistemas de Automação, [s. d.]. Disponível em: Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.bpsonline.com.br/>

FOCKINK. Termometria e aeração. Panambi: Fockink, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://w.fockink.ind.br/segments/9f8fcd7c-0b2e-4273-b8c4-6cf7dbf021d8>

GSI. Digital Grain: mais tranquilidade no gerenciamento da armazenagem de grãos. [S. l.]: Grain Systems Inc., [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.grainsystems.com/sa/pt/produtos/gestao-dos-graos/digital-grain/>

KEPLER WEBER. *Conheça o futuro da sua produção.* [S. l.]: Kepler Weber, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://kepler.com.br/>

NBRTEC. Termometria portátil: para silos e armazéns. Panambi: NBRtec, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.nbrtec.com.br/solucoes/termometria-portatil/>

OPI SYSTEMS. Grain Quality Sensor: CO₂ monitoring. Calgary: OPI Systems, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://opisystems.com/co2-monitoring/>

PROCER. Armazenagem de grãos. Criciúma: Procer, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.procer.com.br/solucoes/armazenagem-de-graos/>

QUALYAGRO. QUALYWireless. Panambi: QualyAgro, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.qualyagro.com.br/produtos/detalhes/68/QUALYWireless>

SENSECA. *HD9008T...–HD9009T... series: meteorological temperature and RH transmitters.* [S. l.]: Senseca, 2025. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: https://environmental.senseca.com/wp-content/uploads/document/dsh_fam_HD9008T_HD9009T_en_datasheet.pdf

WINCKIEEL. TermoWeb. Panambi: Winckieel, [s. d.]. Acessado em: 6 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.winckieel.com.br/termoweb>