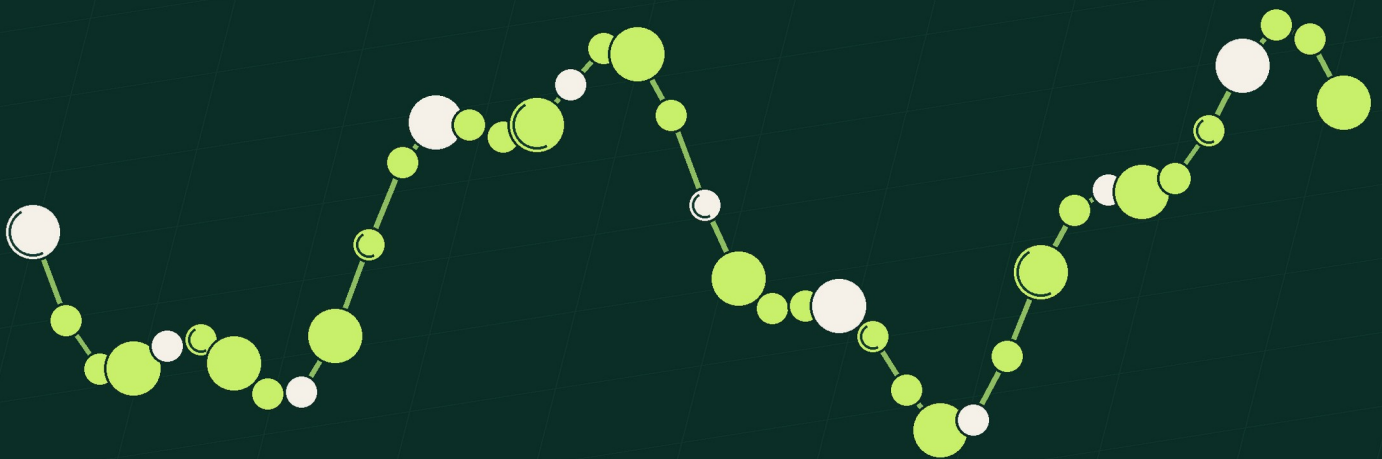


PULSO SOJA

O protocolo que transforma cada minuto de colheita em uma unidade econômica negociável.

Concept paper + protocolo de validação experimental



01 IMPOSTO DA MISTURA

02 ROTEAMENTO POR MARGEM

03 PROVA CAUSAL DO VALOR

Uma proposta que pode estar errada - e por isso foi desenhada para se provar.

Este documento não apresenta resultados de campo. Apresenta uma arquitetura original, hipóteses falsificáveis e um protocolo para descobrir rapidamente se ela cria valor real.

O que foi pesquisado antes de propor

- Perdas mecânicas e janela de umidade na colheita de soja.
- Classificação oficial por lote, amostragem e parâmetros de qualidade.
- NIR embarcado, visão computacional e mapas de composição.
- Segregação binária na colhedora, blending e rastreabilidade de grãos.
- Patentes de monitoramento, controle da colhedora e rastreamento IoT.

CONCLUSÃO DO RASTREIO

Sensor em tempo real, segregação física e rastreabilidade já existem em diferentes formas. Portanto, nenhum desses elementos isolados pode ser apresentado honestamente como novo.

Onde está a aposta de novidade

- Packetização econômica temporal: o pulso, não o caminhão, vira a menor unidade de decisão.
- Genealogia reversível de mistura por balanço de massa e incerteza propagada.
- Roteamento por netback marginal, alimentado por curvas reais de compra, frete, secagem e capacidade.
- Isolamento limitado pela confiança: separar somente quando o ganho esperado supera o custo e o risco.
- Prova causal ligada ao romaneio e à liquidação, com grupos de controle durante a própria safra.

LIMITE DE HONESTIDADE

A busca de anterioridade foi dirigida, não exaustiva. Não prova novidade absoluta mundial e não substitui parecer de patenteabilidade por profissional habilitado.

Mapa do documento

SEÇÃO	PERGUNTA
01	Onde a soja brasileira perde margem hoje?
02	Como a mistura destrói valor sem alterar a média?
03	Qual hipótese científica estamos testando?
04	Como funciona o PULSO SOJA?
05	Como operar sem paralisar a colheita?
06	Qual é a ordem de grandeza econômica?
07	Como provar o resultado?
08	O que já existe e o que muda?
09	Quais riscos e limites?
10	Como vira produto AgroFounder?

Fonte / nota: Premissa de produto alinhada à AgroFounder: sensores só entram quando o dado produz alerta, decisão ou ação útil.

RESUMO

PULSO SOJA

Um protocolo de packetização econômica, agregação reversível e roteamento por margem para a colheita brasileira.

TESE EM UMA FRASE

A soja brasileira ainda viaja como um caminhão indiferenciado; PULSO faz cada minuto de colheita viajar como um pacote com identidade, qualidade, incerteza, preço provável e destino.

Resumo

A safra brasileira de soja 2025/26 foi estimada em 180,568 milhões de toneladas, mas a expansão de volume convive com forte compressão de margem. Ao mesmo tempo, perdas mecânicas, umidade inadequada, defeitos, capacidade limitada de armazenagem e tabelas não lineares de desconto convertem heterogeneidade de campo em perda econômica. O mecanismo proposto - PULSO SOJA - divide o fluxo contínuo da colheita em pulsos digitais adaptativos de curta duração. Cada pulso recebe massa, tempo, geolocalização, vetor de qualidade, incerteza e regulagens da máquina. Em vez de classificar todo o caminhão como se fosse homogêneo, um motor de otimização agrega pulsos em poucos macro-lotes e os encaminha ao destino de maior receita líquida na fazenda, respeitando capacidade, frete, secagem, custo de troca e risco de erro. Uma matriz de genealogia conserva a contribuição probabilística de cada pulso após transferências e misturas. O sistema não depende de um prêmio permanente: ele também pode criar valor ao isolar umidade ou dano, evitar desconto sobre volume saudável, reduzir perda de plataforma e sincronizar logística. A implantação começa em modo sombra, sem separar fisicamente, e só avança se um teste pareado com controle demonstrar ganho causal no netback liquidado. O resultado esperado não é "mais dados", mas uma nova unidade econômica para o grão a granel.

Contribuições propostas

- KPI "Imposto da Mistura" em R\$/t.
- Pulso econômico adaptativo de 30–180 s.
- Roteamento por netback com penalidade de incerteza.
- Genealogia probabilística da massa após commingling.
- Contrato de resultado baseado no limite inferior do ganho causal.

Palavras-chave

soja; colheita; perdas; qualidade; NIR; visão computacional; segregação; blending; rastreabilidade; logística; otimização estocástica; netback; inferência causal; agricultura digital.

TIPO DE TRABALHO

Concept paper de inovação aplicada + desenho experimental prévio. Não é recomendação agrônômica, laudo de classificação ou estudo de patenteabilidade.

01 / O PARADOXO

O Brasil bate recorde de volume enquanto a margem pede precisão.

A oportunidade não está apenas em produzir outra tonelada. Está em impedir que a tonelada já produzida perca valor entre a plataforma e a liquidação.



Quatro leituras estratégicas

- A margem ficou mais sensível a pequenas decisões operacionais. R\$ 50/ha pode parecer pouco até ser multiplicado por milhares de hectares.
 - Recorde nacional amplia o congestionamento de caminhões, secadores e armazéns justamente quando cada hora de janela importa.
- A qualidade média nacional não diz onde o valor foi diluído dentro de um talhão, tanque, transbordo ou caminhão.
 - Uma perda de décimos de saca por hectare e um desconto de décimos percentuais podem coexistir e somar silenciosamente.

Fonte / nota: Conab, 10º levantamento da safra 2025/26 (jul. 2026); CNA; IMEA/Senar-MT; Embrapa Soja. Valores de custo e margem são cenários de fontes distintas e não devem ser combinados como se fossem uma única fazenda.

01 / O PARADOXO

O dinheiro vaza em quatro momentos - e a informação costuma chegar tarde.

O ponto comum é a defasagem entre o evento físico e a decisão econômica.

01 PERDA FÍSICA

Grãos no solo, vagens não recolhidas, trilha agressiva, quebra e velocidade incompatível. A Embrapa usa até 1 saca de 60 kg/ha como nível de tolerância operacional; acima disso há desperdício evitável.

A decisão precisa acontecer ainda no talhão.

02 QUALIDADE DILUÍDA

Umidade, avariados, impurezas, quebrados, proteína e óleo variam no fluxo. Quando tudo entra no mesmo lote, a média pode espalhar o desconto ou apagar uma oportunidade.

O lote esconde a distribuição.

03 LOGÍSTICA CEGA

Sem armazenagem própria suficiente, a fazenda aceita filas, frete, secagem e destinos por disponibilidade - nem sempre por maior netback.

O caminhão vira a unidade de decisão.

04 APRENDIZADO INTERROMPIDO

O operador ajusta a máquina; dias depois chega o romaneio; semanas depois a liquidação. A cadeia de causa e efeito se perde.

O sistema aprende com opinião, não com valor realizado.

DIAGNÓSTICO

O problema não é a ausência absoluta de dado. É que o dado perde granularidade, contexto e poder de ação à medida que a soja avança pela cadeia.

PULSO ataca exatamente essa defasagem: fecha um registro econômico antes da mistura, preserva sua genealogia durante a movimentação e compara o resultado estimado com a liquidação efetiva.

02 / O PROBLEMA INVISÍVEL

O imposto da mistura.

Misturar não é necessariamente ruim. Misturar sem saber o que entra, sem considerar a curva de preço e sem poder provar a origem é que destrói opção econômica.

UM EXEMPLO HIPOTÉTICO DE CONTÁGIO DE VALOR



IMPOSTO DA MISTURA

R\$ 3,9 mil

Curva de desconto ilustrativa. Não representa regra oficial nem contrato específico.

Definição operacional

Imposto da Mistura é a diferença entre o valor máximo obtido ao rotear componentes identificados e o valor obtido ao vender a mesma massa como um lote indiferenciado, depois de todos os custos adicionais de separação.

KPI PROPOSTO

$T_{mix} = V^* (P_1...P_n) - V(\text{lote único})$
valor evitável perdido por commingling

Por que aparece

- Tabelas de desconto têm limiares, degraus, rejeições e parâmetros que interagem.
- A classificação resume o lote por amostra; a distribuição interna deixa de ser visível.
- O custo logístico de abrir muitos lotes é real, por isso a solução ótima não é separar tudo.
- A qualidade boa pode ser usada intencionalmente para blend; a diferença é medir o ganho e registrar a genealogia.

INTUIÇÃO

Quando a função de preço é não linear, o valor da média não é necessariamente a média dos valores. O caminhão pode ter a mesma qualidade média e um resultado econômico pior.

02 / O PROBLEMA INVISÍVEL

O lote legal é necessário. O lote econômico pode ser menor.

PULSO não substitui a classificação oficial. Ele cria uma camada anterior de decisão para formar lotes melhores e documentar como foram formados.

O que a regra vigente organiza

- Identidade e qualidade da soja, grupos, classes e tipos.
- Procedimentos de amostragem, amostra de trabalho e determinação de defeitos.
- Resultado aplicado a um lote definido e apresentado para classificação.

INFERÊNCIA ECONÔMICA

Ao representar um lote por amostras e um resultado de tipo, a heterogeneidade interna é comprimida. Isso é indispensável para o comércio, mas insuficiente para decidir como o lote deveria ter sido formado.

A nova camada proposta

- Cada pulso é uma unidade informacional, não uma nova categoria legal.
- Pulsos são agregados em poucos macro-lotes compatíveis com operação, contrato e amostragem oficial.
- O sensor fornece estimativa; a classificação e a amostra de referência continuam sendo a verdade comercial.

REGRA DE SEGURANÇA

Nunca declarar “soja premium” apenas por NIR ou câmera. Declarar “candidata a lote premium, com confiança X”, seguida de amostra e validação contratual.

MECÂNICA ECONÔMICA

$V(\bar{q}) \neq \sum w_i V(q_i)$ sempre que preço, desconto ou aceitação forem não lineares

$q_{\text{lote}} = \sum A_{i,l} m_i q_i / \sum A_{i,l} m_i$ qualidade estimada de um macro-lote

A inovação prática é mudar a pergunta de “qual é a qualidade deste caminhão?” para “quais pulsos devem compor este caminhão, para este comprador, neste momento?”

Fonte / nota: Base regulatória consultada: IN MAPA nº 11/2007, alterações aplicáveis e compêndio de produtos vegetais do MAPA. A interpretação jurídica deve ser validada antes de uso comercial.

Podemos aumentar o netback sem produzir um grão a mais?

A hipótese central é que preservar opção econômica antes da mistura vale mais do que o custo de medir, decidir e operar poucos fluxos.

PERGUNTA

Em lavouras com heterogeneidade temporal ou espacial e curvas não lineares de compra, o roteamento de pulsos aumenta a receita líquida na fazenda frente à formação convencional de lotes?

Hipóteses falsificáveis

HIPÓTESE	DESFECHO	PREDIÇÃO
H1	Netback	O netback médio por tonelada aumenta após todos os custos incrementais.
H2	Poucos fluxos	Dois ou três destinos capturam a maior parte do ganho teórico; separar cada microvariação não é necessário.
H3	Confiança	O gate de incerteza evita que erros de sensor destruam mais valor do que a segregação cria.
H4	Aprendizado	Ligar regulagens, pulsos e liquidação melhora as decisões nos dias seguintes da mesma safra.
H0	Nulidade útil	Se não houver heterogeneidade, curva econômica ou capacidade logística, PULSO deve recomendar não separar.

A unidade mínima

DEFINIÇÃO DO PULSO

$P_i = \{m_i, t_i, g_i, q_i, u_i, s_i\}$ massa, tempo, posição, qualidade, incerteza e regulagens
 $q_i = \{H, av., imp., quebr., verd., prot., óleo\}$ vetor adaptável ao mercado e à instrumentação
 $\Delta t_i = f(\text{variabilidade}, \text{fluxo}, \text{confiança})$ pulso curto quando a qualidade muda; longo quando estabiliza

CRITÉRIO DE SUCESSO

$\Delta \text{netback} > 0$ com intervalo de confiança pré-definido, sem perda relevante de capacidade operacional ou segurança.

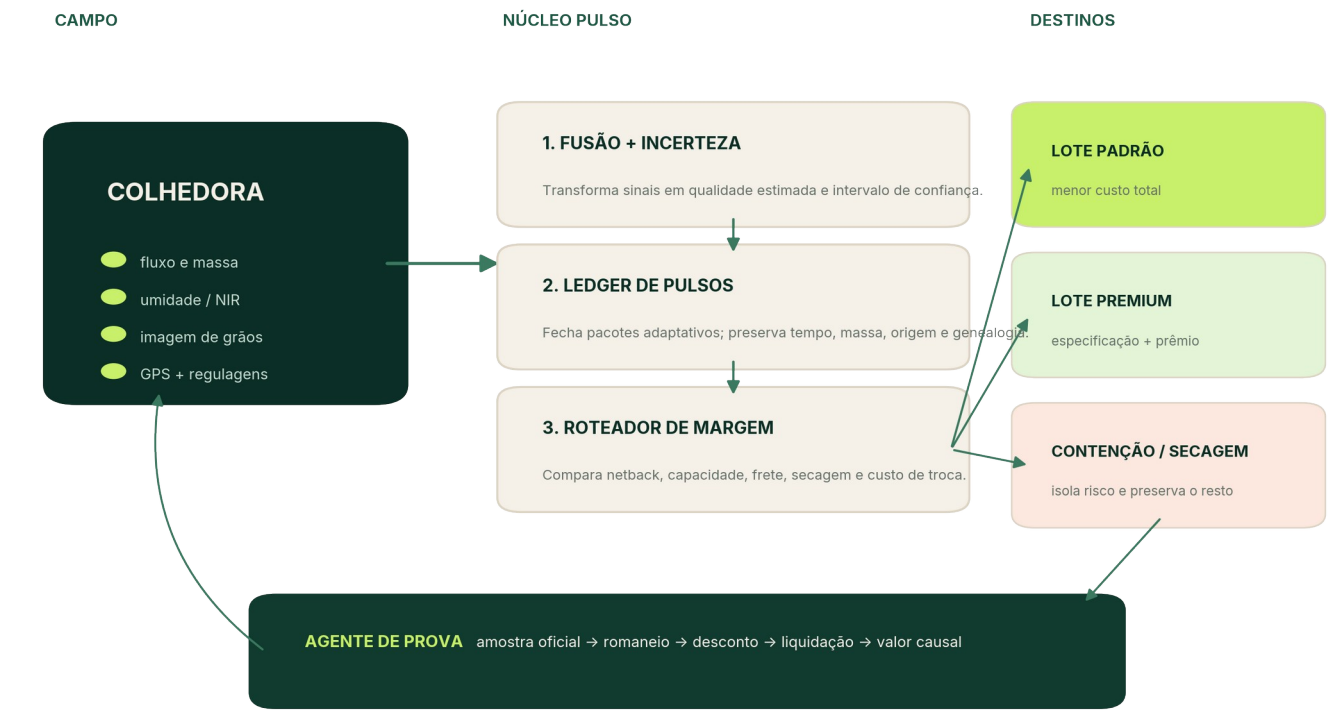
CRITÉRIO DE ABANDONO

Se o modo sombra não mostrar valor contrafactual robusto ou se o teste pareado não confirmar a liquidação, não construir hardware.

04 / A SOLUÇÃO

PULSO SOJA: da colhedora ao caixa.

Uma arquitetura de decisão em quatro verbos: observar, decidir, mover e provar.



Observe → decida → mova → prove. O sistema aprende com a liquidação real, não apenas com o sensor.

O que muda em relação a um monitor de qualidade

CAMADA	PERGUNTA	FUNÇÃO
Monitor	Responde "o que está passando agora?"	Mede ou estima composição e defeitos.
Mapa	Responde "onde ocorreu?"	Georreferencia a variação após ou durante a colheita.
Segregador	Responde "para qual bin?"	Divide o fluxo por um limiar físico.
PULSO	Responde "qual combinação preserva mais reais e como provar?"	Une preço, risco, logística, genealogia e liquidação.

PRINCÍPIO

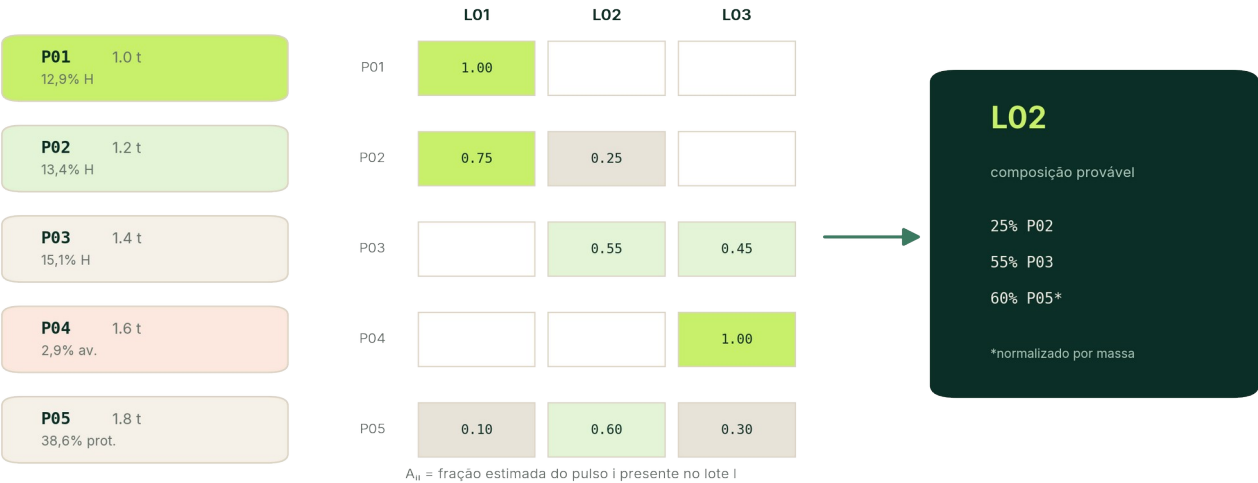
PULSO não precisa possuir todos os sensores. Ele pode consumir dados de OEMs, instrumentos de terceiros, amostras manuais e mensagens de campo - desde que cada dado tenha origem, horário e incerteza.

04 / A SOLUÇÃO

Cada pulso nasce digital. Cada lote conserva uma genealogia.

A identidade não depende de manter os grãos fisicamente separados o tempo todo; depende de modelar transferências, atrasos e mistura residual.

GENEALOGIA REVERSÍVEL DA MISTURA



“Reversível” significa reconstruível por informação e balanço de massa; os grãos não são fisicamente desmisturados.

Segmentação adaptativa

- Janela inicial: 30–90 segundos; limite configurável de 20–180 segundos.
- Fecha antes quando umidade, defeito, composição ou fluxo mudam rapidamente.
- Agrega digitalmente pulsos semelhantes até atingir massa operacional mínima.
- Mantém “dívida de incerteza” acumulada a cada transferência e mistura.

Modelo físico mínimo

- Curva de tempo de residência do tanque graneleiro, elevadores e tubo de descarga.
- Balanço de massa entre colhedora, transbordo, caminhão, moega, secador e silo.
- Eventos humanos registrados por WhatsApp, painel ou leitura automática.
- Amostras-âncora para recalibrar o vetor de qualidade e sua incerteza.

NOVO ATIVO DE DADOS

Uma matriz A_{ij} permite perguntar, depois da liquidação: quais pulsos contribuíram para este desconto? A resposta vira treinamento operacional e evidência em divergências.

O roteador não persegue qualidade. Persegue margem líquida sob incerteza.

O melhor destino pode ser o premium, o mais próximo, o secador próprio, um lote de contenção ou simplesmente não separar.

FUNÇÃO DE VALOR POR PULSO E DESTINO

$$V_{i,d} = m_i [B_d + \pi_d(q_i) - \delta_d(q_i)] - C_{frete} - C_{secagem} - C_{manuseio} - \lambda \sigma_{i,d}$$

preço-base + prêmio – desconto
custos e penalidade de incerteza

$$\max \sum x_{i,d} V_{i,d} - C_{troca} - C_{segregação}$$

objetivo econômico

Restrições duras • Capacidade e horário de compradores, secadores, silos, transbordos e caminhões. • Especificações contratuais e limites de aceitação. • Massa mínima de lote e tempo de troca de fluxo. • Janela climática e prioridade de terminar o talhão. • Segurança e limites de operação da máquina.	Gate de decisão • Ganho esperado deve superar custo de troca + margem de segurança. • Confiança sensorial deve superar o mínimo do destino. • Se duas rotas são economicamente equivalentes, escolher a mais simples. • Se o operador rejeita, registrar motivo; não ocultar a intervenção humana.
--	---

CURVAS VIVAS

O Agente de Margem recebe tabelas de compra, mensagens, contratos, frete e filas. Recalcula netback quando um comprador muda desconto, quando chove ou quando um secador satura.

Resultado na tela: uma fila curta de exceções - “segure o próximo transbordo”, “troque destino em 8 minutos”, “não há ganho em separar”, “faça amostra confirmatória”.

04 / A SOLUÇÃO

Cinco agentes, uma única fila de decisões.

A tecnologia desaparece atrás de tarefas concretas de campo, coerente com a arquitetura de agentes da AgroFounder.

01	AGENTE DE COLHEITA	Cruza perdas, velocidade, plataforma, trilha, fluxo e janela climática. Sugere ajuste com aprovação do operador.
02	AGENTE DE QUALIDADE	Funde NIR, imagem, umidade e amostras. Emite vetor q_i e intervalo de confiança; nunca substitui laudo oficial.
03	AGENTE DE MARGEM	Converte contrato, desconto, prêmio, frete, fila, secagem e capacidade em netback por destino.
04	AGENTE DE LOGÍSTICA	Reserva transbordo, compartimento, caminhão, moega ou silo; considera tempo de residência e massa residual.
05	AGENTE DE PROVA	Liga pulso, decisão, amostra, romaneio e liquidação. Mantém controles randomizados e calcula ganho causal.

Exemplo de uma decisão em 4 minutos

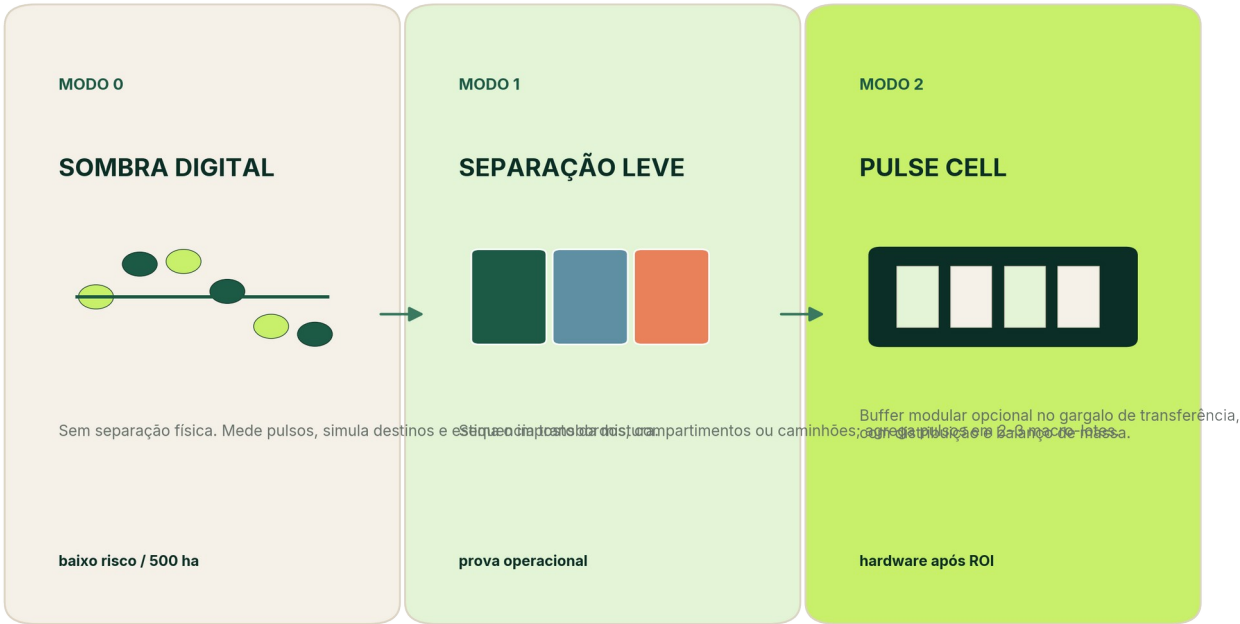
TEMPO	EVENTO
14:02:00	Pulso 8F2 fecha com 15,0% de umidade e confiança 0,88.
14:02:08	Margem calcula: lote padrão -R\$ 42/t; secagem própria -R\$ 26/t; espera + frete incluídos.
14:02:14	Logística identifica compartimento disponível no transbordo 2 em 3 minutos.
14:02:20	Operador recebe: “reter 6,4 t para secagem; ganho esperado R\$ 102, intervalo R\$ 54-146”.
14:06:00	Evento de transferência fecha; genealogia A_{ii} é atualizada.
+3 dias	Romaneio e custo real recalibram sensor, curva e decisão.

INTERFACE

WhatsApp no campo, painel web na gestão, tablet apenas onde a decisão exigir. O gestor vê exceções, não uma parede de telemetria.

Começar sem cortar metal.

A sequência de implantação reduz risco técnico, evita CAPEX prematuro e preserva a capacidade de colheita.



Regra de investimento: nenhum corte de chapa antes que o modo sombra prove valor estatisticamente e operacionalmente.

Por que o transbordo é o primeiro ponto físico candidato

- Recebe múltiplas colhedoras e já coordena transferência de massa.
- Permite compartimentos, sequenciamento ou buffer sem alterar a colhedora e sua garantia.
- Concentra sensores de peso e eventos logísticos em menos ativos.
- A qualidade medida na colhedora chega com atraso; o modelo de residência antecipa qual pulso estará no tubo.
- A célula física pode ser pequena, pois serve para formar macro-lotes, não armazenar toda a safra.
- Se o modo 1 capturar valor suficiente, o modo 2 pode nunca ser necessário.

PULSE CELL - CONCEITO, NÃO DESENHO FINAL

Módulo FIFO lavável e rastreável, com 3–6 células de pequena massa, sensores de peso e comportas. Seu desenvolvimento só é justificado após validar fluxo, limpeza, integridade do grão, segurança, homologação e ROI.

O fluxo minuto a minuto.

A operação foi desenhada para falhar de forma segura: se dado, conexão ou confiança sumirem, a colheita volta ao fluxo padrão.

1 MEDIR

Sinais da máquina, NIR, imagem, umidade, amostras e mensagens entram com timestamp.

2 FECHAR PULSO

O algoritmo escolhe a fronteira temporal e estima massa, qualidade e incerteza.

3 PONTUAR DESTINOS

Cada destino recebe valor líquido, risco, capacidade e custo de troca.

4 AGREGAR

Pulsos semelhantes formam um macro-lote operacional e legalmente classificável.

5 MOVER

Transbordo/caminhão recebe instrução; operador confirma ou rejeita.

6 PROVAR

Amostra, romaneio, fila, frete, secagem e liquidação fecham o ciclo.

Regras de fail-safe

FALHA	COMPORTAMENTO SEGURO
Sensor fora de calibração	Bloqueia declarações de qualidade; mantém apenas rastreo de massa e origem.
Internet indisponível	Edge local continua; sincroniza depois. Destinos congelam na última lista válida.
Incerteza alta	Não segrega; solicita amostra confirmatória.
Fluxo logístico saturado	Prioriza terminar a janela de colheita e registra valor de opção perdido.
Conflito com segurança	A recomendação é descartada. Segurança e manual do fabricante prevalecem.

NÃO-AUTONOMIA INICIAL

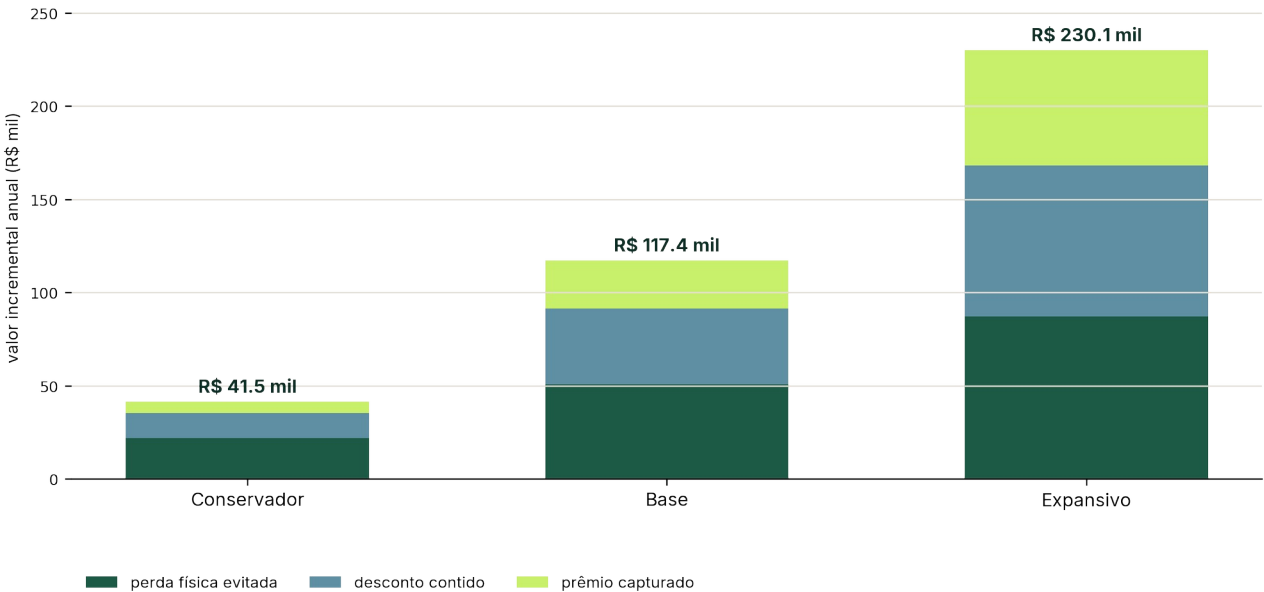
Na primeira safra, regulagens e rotas críticas exigem confirmação humana. Automação só avança em ações repetitivas, reversíveis e homologadas.

A escala transforma décimos em bilhões.

As contas abaixo são equivalências de escala e cenários sintéticos - não previsão de preço, ganho garantido ou orçamento de implantação.

R\$ 707,5 mi 0,1 SACA/HA Equivalente bruto nacional.	R\$ 7,075 bi 1 SACA/HA Área Conab x indicador Paranaguá.	61,87 sc/ha PRODUTIVIDADE MÉDIA 3.712 kg/ha ÷ 60 kg.	R\$ 9,0 mi 1.000 HA Receita bruta de referência.
--	--	--	--

FAZENDA-REFERÊNCIA DE 1.000 HA | CENÁRIOS ILUSTRATIVOS



Não é previsão. O custo máximo do sistema antes do ponto de equilíbrio equivale ao total de cada barra.

Premissas da fazenda-referência

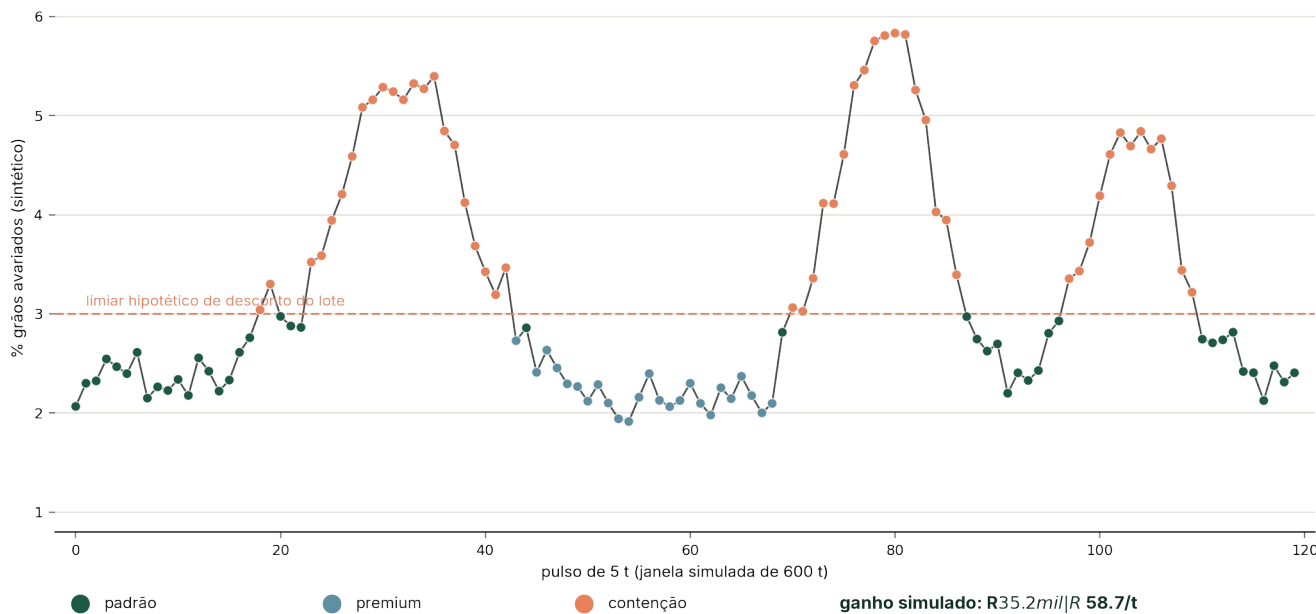
VARIÁVEL	VALOR
Área	1.000 ha
Produtividade	61,87 sacas/ha
Preço de escala	R\$ 145,45/saca de 60 kg
Volume	61.867 sacas
Receita bruta de referência	R\$ 8.998.507

Fonte / nota: Área e produtividade: Conab, jul. 2026. Preço: Indicador ESALQ/B3 Paranaguá de 22/07/2026, exibido por Notícias Agrícolas. É preço portuário indicativo, não preço líquido ao produtor. R\$ 707,5 milhões = 48,6406 milhões ha x 0,1 saca/ha x R\$ 145,45/saca.

Uma simulação que pode ser reproduzida - e refutada.

O objetivo não é “provar” o produto com dados inventados. É mostrar como a hipótese econômica será calculada antes do piloto.

ROTEAMENTO DE 120 PULSOS PARA TRÊS DESTINOS



ITEM	RESULTADO
Massa simulada	600 t em 120 pulsos de 5 t
Qualidade média do lote	13,70% umidade 3,26% avariados 37,39% proteína
Formação convencional	1 lote padrão; penalidade hipotética aplicada ao lote médio
PULSO	3 destinos: padrão 215 t premium 125 t contenção 260 t
Custo incremental incluído	R\$ 2/t + R\$ 800 por janela
Ganho resultante	R\$ 35.242 total R\$ 58,7/t

LEITURA CORRETA

A simulação usa curvas de desconto e prêmio hipotéticas. O número não deve ser vendido. O método deve ser levado ao modo sombra, alimentado com contratos reais e validado contra liquidações reais.

Valor adicional não vem apenas do “premium”. Na simulação, a maior parte nasce ao impedir que pulsos com defeito acima do limiar contaminem a precificação de toda a massa.

07 / VALIDAÇÃO

Um piloto que mede valor, não entusiasmo.

O desenho experimental mantém parte da operação convencional como controle para separar ganho real de preço, clima, operador e qualidade do talhão.

PROTOCOLO DE 90 DIAS, AMARRADO À LIQUIDAÇÃO COMERCIAL



Desfecho primário: Δ netback (R\$/t) após frete, secagem, desconto, prêmio, manuseio, espera e custo de segregação.

Unidade experimental

- Blocos pareados por talhão, máquina, hora e condição.
- Randomização em janelas operacionais compatíveis com mistura residual.
- Controle convencional preservado em 10–20% da massa elegível.
- Amostras cegas e códigos de lote antes de conhecer o romaneio.

Escopo recomendado

- 3 fazendas, 6+ colhedoras, 1.500–3.000 ha no total.
- Perfis distintos de armazenagem, frete e compradores.
- Pelo menos dois eventos de heterogeneidade material por fazenda.
- Equipe de operação, classificação e ciência de dados separadas nas decisões críticas.

PRÉ-REGISTRO

Antes de abrir os resultados: desfecho, exclusões, custos, unidade de análise, modelo estatístico, limiar go/no-go e tratamento de dados ausentes ficam assinados e versionados.

O que precisa ser medido para não se enganar.

Receita maior pode esconder mais fila, diesel, secagem ou perda de capacidade. O desfecho é líquido e operacional.

Desfecho primário

MÉTRICA DE VERDADE

$\Delta N = N_PULSO - N_CONTROLE$ diferença de netback por tonelada

$N = receita\ liquidada - frete - secagem - manuseio - espera - segregação$ todos os custos incrementais

Efeito causal = média pareada de ΔN com erro-padrão por fazenda/talhão e análise de sensibilidade

Desfechos secundários

FAMÍLIA	INDICADORES
Perda física	sacas/ha no copo; grãos no solo; quebra; capacidade t/h.
Qualidade	umidade, avariados, impurezas, quebrados, verdes, proteína e óleo quando aplicável.
Operação	minutos de troca, intervenções, rejeições do operador, espera e distância.
Sensor	viés, RMSE, cobertura do intervalo, deriva por cultivar e umidade.
Genealogia	erro de balanço de massa e incerteza após cada transferência.
Economia	imposto da mistura evitado, valor de opção perdido, custo por pulso e por hectare.

GO

Limite inferior do IC de 90% > 0, capacidade preservada, erro de massa aceitável e caminho claro para reduzir custo.

NO-GO

Ganho depende de uma exceção não repetível, sensor não generaliza, operação perde janela ou custo de separar consome o valor.

Uma conclusão negativa ainda cria valor: mostra em quais fazendas, compradores e condições a packetização econômica não deve ser usada.

O que já existe - e o que PULSO não pode fingir que inventou.

A credibilidade da proposta depende de separar componentes conhecidos da arquitetura sistêmica candidata a novidade.

ESTADO DA ARTE	JÁ CONHECIDO	DELTA PULSO
NIR em campo/colhedora	Existe; mede composição em tempo real ou quase real.	Usar qualidade como uma variável econômica com incerteza explícita.
Segregação na colhedora	Existe em pesquisa e produtos; inclusive binária por proteína.	Formar macro-lotes por netback multi-destino, não por um único limiar.
Mapa de qualidade	Existe; localiza variação dentro do campo.	Decidir durante a colheita e manter genealogia após transferências.
Rastreabilidade de grãos	Existe em lotes, cadeia e arquiteturas IoT.	Rastrear unidade menor que tanque/caminhão usando mistura probabilística.
Controle de regulação	Existe; câmeras e modelos podem ajustar a máquina.	Aprender efeito econômico na liquidação e testar mudanças com controle.
Calculadora de segregação	Existe para mercados de proteína.	Otimização operacional viva com frete, capacidade, secagem e risco.

A reivindicação de novidade sistêmica

COMBINAÇÃO CANDIDATA

Packetização temporal adaptativa + matriz reversível de commingling + roteamento por netback marginal + gate de confiança + holdouts causais ligados à liquidação + contrato de resultado sobre ganho comprovado.

Busca dirigida cobriu

- Artigos sobre NIR, segregação e economia de proteína.
- Rastreabilidade de grãos a granel e commingling.
- Produtos comerciais de análise embarcada.
- Patentes de qualidade, controle e rastreio em colhedoras.

Ainda precisa cobrir

- Busca profissional em bases INPI, WIPO, USPTO e EPO por reivindicação.
- Freedom to operate de sensores, comportas e integração OEM.
- Novidade local do desenho mecânico Pulse Cell.
- Marcas, software e segredo industrial por jurisdição.

Fonte / nota: Exemplos de anterioridade: Long, McCallum & Scharf (2013); Martin, McCallum & Long (2013); Thakur & Hurburgh (2009); US 9,779,330; US 11,818,982; WO 2018/125989; soluções comerciais de NIR embarcado.

As nove maneiras mais prováveis de a ideia falhar.

A solução só é nova de verdade se também tiver uma teoria explícita de fracasso.

RISCO	MECANISMO	BARREIRA
Sensor não transfere	Cultivar, umidade, poeira e vibração degradam calibração.	Amostras-âncora, intervalos, recalibração e bloqueio automático.
Mistura residual	Pulso digital não coincide com o grão que sai do tubo.	Curva de residência, pesagem, tempos mortos e propagação de incerteza.
Mercado não paga	Não há prêmio ou desconto evitável no dia.	Roteador recomenda lote único; valor pode vir de perda física/logística.
CAPEX prematuro	Hardware consome o ganho.	Modo sombra → separação leve → célula apenas após prova.
Complexidade operacional	Equipe ignora alertas na janela crítica.	Fila de exceções, poucas rotas, confirmação simples e treinamento.
Classificação diverge	Sensor e laboratório não concordam.	Amostra oficial prevalece; sensor é triagem, nunca laudo.
Gaming de resultado	Seleção oportunista de controles e custos.	Pré-registro, auditoria de eventos e fee sobre limite inferior.
Cibersegurança/dados	Manipulação de bids ou vazamento comercial.	Servidor privado, perfis, assinatura de eventos e trilha de auditoria.
Segurança de máquina	Automação interfere na colheita.	Sem autonomia crítica inicial; manual e OEM prevalecem.

Cinco proibições de produto

- Não usar blockchain por default; usar apenas se houver requisito de confiança entre partes.
- Não abrir lote premium sem comprador, curva e amostra.
- Não automatizar regulação que possa danificar máquina ou grão sem homologação.
- Não esconder incerteza atrás de um número de qualidade com muitas casas decimais.
- Não cobrar sucesso sobre estimativa contrafactual não verificada.

A DEFESA MAIS FORTE

PULSO deve ter permissão para dizer “não faça nada”. Um sistema que sempre recomenda separar é um vendedor de complexidade, não um otimizador.

Como PULSO vira negócio para a AgroFounder.

Não vender hardware primeiro. Vender a prova de margem, o sistema operacional e a confiança entre campo e liquidação.

Produto em três camadas

- PULSO Shadow: software, integrações, mapa de pulsos e imposto da mistura contrafactual.
- PULSO Route: agentes, bids, logística, formação de macro-lotes e prova causal.
- PULSO Cell: hardware parceiro, somente onde o gargalo físico justificar.

Cliente inicial

- Operações de 5 mil–50 mil ha, múltiplas colhedoras e transbordos.
- Mais de um destino possível, secagem própria/terceirizada ou desconto relevante.
- Gestão disposta a preservar controles durante a validação.

Modelo comercial proposto

CONTRATO DE RESULTADO CAUSAL

Fee variável calculado sobre o limite inferior do intervalo de confiança do ganho líquido - não sobre a estimativa central. Se a prova não superar zero, não há success fee.

REMUNERAÇÃO

$$fee = \alpha \cdot \max[0, LCB_{90}(\Delta N)]$$

alinhamento de incentivos

Dados e governança

- A fazenda é dona dos dados brutos e das curvas comerciais.
- Modelos compartilhados só com consentimento e anonimização.
- Eventos críticos assinados e versionados para auditoria.

Camadas de propriedade intelectual

CAMADA	ATIVO
Patente/método	Segmentação adaptativa, matriz de commingling, gate de confiança, roteamento e experimento ligado à liquidação.
Segredo industrial	Calibrações, função de residência, modelos de netback, heurísticas e detecção de drift.
Software/dados	Ledger de pulsos, orquestração de agentes, interfaces, conectores e dataset de decisão-liquidação.
Marca	PULSO SOJA; Imposto da Mistura; contrato de resultado causal.

ROADMAP

Safra 1: provar em sombra e separação leve. Safra 2: escalar integrações e contratos de resultado. Safra 3: licenciar Pulse Cell com parceiros apenas nos segmentos onde o software já demonstrou demanda física.

CONCLUSÃO

A próxima fronteira não é um grão novo. É uma decisão menor.

O caminhão foi uma excelente unidade logística. Não precisa continuar sendo a menor unidade econômica da soja.

O Brasil já sabe produzir soja em escala continental. O próximo salto de margem pode vir de preservar a identidade econômica da massa por alguns minutos a mais - tempo suficiente para escolher um destino melhor, isolar um risco, ajustar uma máquina e aprender com o resultado.

PULSO SOJA

Uma camada de software e operação que transforma o fluxo contínuo da colheita em pulsos identificados, agrega apenas o que faz sentido econômico e reconstrói a mistura até a liquidação.

O que seria realmente novo

- Não o NIR. Não a câmera. Não a comporta. Não o mapa.
- A unidade econômica temporal, a genealogia probabilística da massa e o roteamento por netback sob incerteza.
- A obrigação de provar o ganho com um controle real e remunerar o fornecedor apenas sobre valor causal conservador.

Primeiro experimento recomendado

ITEM	DEFINIÇÃO
Escopo	500 ha em modo sombra, uma fazenda, duas colhedoras, dois destinos, tabelas reais.
Pergunta	Qual foi o imposto da mistura contrafactual e em quantos eventos a decisão seria operacionalmente executável?
Go/no-go	Avançar somente se o ganho P50 superar o custo projetado com folga e se a incerteza for calibrável.
Entrega	Mapa de pulsos, matriz de lotes, curva de valor, erros de sensor e plano do teste pareado.

A FRASE PARA LEVAR AO CAMPO

Não vamos separar soja porque conseguimos medir. Vamos medir para descobrir quando não misturar vale dinheiro.

agrofounder.com / escolha um problema real; prove o valor no campo.

REFERÊNCIAS

Fontes de contexto, método e anterioridade.

Acesso em julho de 2026. Links são apresentados de forma abreviada para legibilidade; DOIs e identificadores permitem recuperação.

01 CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v.13, safra 2025/26, n.10, julho 2026. Tabela 1: soja - 48,6406 milhões ha; 3.712 kg/ha; 180,568 milhões t. gov.br/conab.

02 CNA. Margem bruta da soja deve recuar na safra 2025/26. Projeção de queda de 47,6% para terra própria. cnabrazil.org.br.

03 CNA. Projeções para a safra 2025/26 com alerta sobre rentabilidade da soja. Custos operacionais estimados em Rio Verde, Sorriso e Cascavel. cnabrazil.org.br.

04 CNA / IMEA / Senar-MT. CPA 2025/26: custos e rentabilidade. Custo total de soja de R\$ 7.657,89/ha no cenário divulgado. cnabrazil.org.br.

05 CNA. Estudo sobre armazenagem no Senado. 20% da capacidade nacional dentro das propriedades e 61% dos produtores sem infraestrutura própria. cnabrazil.org.br.

06 SILVEIRA, J. M. et al. Manejo Integrado da Colheita: determinação das perdas de grãos na colheita de soja usando o Copo Medidor da Embrapa. Comunicado Técnico 112. Embrapa Soja, 2024.

07 EMBRAPA. Manual do Copo Medidor, 2022; e Indicações Técnicas para a Cultura da Soja. Faixa de 13%–15% de umidade para reduzir danos e perdas.

08 BRASIL, MAPA. Instrução Normativa nº 11, de 15 maio 2007, alterações e Compêndio de Produtos Vegetais. Padrão oficial de classificação da soja.

09 CEPEA/ESALQ. Indicador da Soja ESALQ/B3 - Paranaguá, R\$ 145,45/saca em 22 jul. 2026, reproduzido por Notícias Agrícolas.

10 AYKAS, D. P. et al. In-Situ Screening of Soybean Quality with a Novel Handheld Near-Infrared Sensor. Sensors, 20, 6283, 2020. doi:10.3390/s20216283.

11 LI, C. et al. Rapid and Accurate Measurement of Major Soybean Components Using Near-Infrared Spectroscopy. Agronomy, 15, 1505, 2025.

NOTA BIBLIOGRÁFICA

As referências de mercado e custos descrevem datas, regiões e premissas diferentes. Foram usadas para dimensionar o problema, não para compor uma única demonstração financeira.

REFERÊNCIAS

Anterioridade técnica e desenho econômico.

A lista destaca trabalhos que impediram a reivindicação ingênua de que “NIR + segregação” seria uma invenção nova.

- 12 LONG, D. S.; McCALLUM, J. D.; SCHARF, P. A. Optical-Mechanical System for On-Combine Segregation of Wheat by Grain Protein Concentration. *Agronomy Journal*, 105:1529–1535, 2013. doi:10.2134/agronj2013.0206.
- 13 MARTIN, C. T.; McCALLUM, J. D.; LONG, D. S. A Web-Based Calculator for Estimating the Profit Potential of Grain Segregation by Protein Concentration. *Agronomy Journal*, 105:721–726, 2013. doi:10.2134/agronj2012.0353.
- 14 MIAO, R.; HENNESSY, D. A. Optimal Protein Segregation Strategies for Wheat Growers. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 63(3):309–331, 2015. doi:10.1111/cjag.12046. Estudo de estratégias sob curvas não uniformes de preço.
- 15 THAKUR, M.; HURBURGH, C. R. Framework for Implementing Traceability System in the Bulk Grain Supply Chain. *Journal of Food Engineering*, 95(4):617–626, 2009.
- 16 SIVARAMAN, E.; LYFORD, C. P.; BRORSEN, B. W. A General Framework for Grain Blending and Segregation. *Journal of Agribusiness*, 20:155–161, 2002.
- 17 US 9,779,330 B2. Grain quality monitoring. Classificação de material em imagens de grão a granel e aplicação em colhedora.
- 18 US 11,818,982 B2. Grain quality control system and method. Câmera e classificação em sistema de colhedora.
- 19 WO 2018/125989 A2. The Internet of Things. Rastreabilidade de produto agrícola, localização, massa e commingling ao longo de ativos.
- 20 DINAMICA GENERALE. EVONIR - Grain Quality Analysis on Combine Harvesters. Análise em tempo real, logística, segregação e rastreabilidade em produto comercial.
- 21 AGROFOUNDER. Agentes de IA para tarefas de campo, central privada, verificação, gestão, colheita/logística e grãos armazenados. agrofounder.com.

DECLARAÇÃO DE NOVIDADE

Na busca dirigida, não foi localizado um sistema que reúna todos os elementos centrais de PULSO na mesma arquitetura e no mesmo ciclo de prova. Isso é um achado de busca, não uma conclusão legal de novidade ou liberdade de operação.

APÊNDICE A

Dicionário mínimo de dados do piloto.

A disciplina do dado é parte da invenção: cada variável precisa de fonte, frequência, unidade, dono e incerteza.

CAMPO	DEFINIÇÃO	FONTE	FREQUÊNCIA
pulse_id	Identificador imutável do pulso	sistema	por pulso
start/end_ts	Início e fim sincronizados	edge/GPS	por pulso
mass_kg	Massa estimada/medida	monitor/balança	1-5 s
geo_path	Trajetos geográficos	GNSS	1 s
quality_vector	Umidade, defeitos, composição	NIR/RGB/amostra	1-10 s
quality_uncertainty	Intervalo/covariância e drift	modelo	por pulso
machine_state	Velocidade, rotor, abertura, perdas	CAN/OEM/manual	1-5 s
transfer_event	Origem, destino, tempo e massa	edge/operador	por evento
lot_matrix A	Frações pulso → macro-lote	balanço de massa	por evento
buyer_curve	Preço, prêmio, desconto, capacidade	contrato/agente	por mudança
route_decision	Alternativas, valor, confiança	otimizador	por pulso/lote
operator_action	Aceite, rejeição e motivo	WhatsApp/painel	por decisão
official_sample	Resultado e cadeia de custódia	classificador/lab	por lote
settlement	Receita, descontos e custos reais	ERP/romaneio	por lote
control_flag	Tratamento ou controle	protocolo	por bloco

Checklist de integridade

- Relógios sincronizados e versão de firmware/modelo registrada.
- Nenhum dado manual sem autor, horário e motivo.
- Soma de massa por ativo reconciliada diariamente; erro vira variável, não é apagado.
- Curva comercial versionada e congelada para cada decisão histórica.
- Controle randomizado protegido contra alterações depois do resultado.

PRÓXIMA PEÇA

Especificação técnica do MVP Shadow: conectores mínimos, esquema de eventos, algoritmo de segmentação, simulador de lotes e painel do imposto da mistura.

APÊNDICE B

Cálculos de escala e cenários.

Todos os valores podem ser substituídos por área, produtividade, preço e contratos reais da fazenda.



ESCALA

Sacas/ha = produtividade kg/ha ÷ 60 3.712 ÷ 60 = 61,8667

Valor de 0,1 sc/ha = área × 0,1 × preço 48.640.600 × 0,1 × 145,45

Receita 1.000 ha = 1.000 × 61,8667 × 145,45 R\$ 8.998.506,67

CENÁRIO	PERDA FÍSICA	DESCONTO CONTIDO	PRÊMIO	TOTAL	BREAK-EVEN
Conservador	0,15 sc/ha	0,15% da receita	5% do volume × R\$2/sc	R\$ 41.502	R\$ 41,50/ha
Base	0,35 sc/ha	0,45% da receita	12% × R\$3,50/sc	R\$ 117.385	R\$ 117,38/ha
Expansivo	0,60 sc/ha	0,90% da receita	20% × R\$5/sc	R\$ 230.123	R\$ 230,12/ha

Como usar a tabela

- Substituir o preço portuário por preço líquido esperado na fazenda.
- Trocar percentuais por evidência do modo sombra e tabelas reais de desconto.
- Adicionar custo de sensor, conectividade, amostra, operador, segregação, capital e manutenção.
- Calcular por fazenda e por janela; não extrapolar uma condição extrema para toda a safra.
- Usar intervalo, não ponto único: P10/P50/P90 ou distribuição posterior do ganho.

INTERPRETAÇÃO

O break-even em R\$/ha é o teto anual de custo incremental antes de zerar o benefício daquele cenário. Não é recomendação de preço para o produto.