

I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS À PÓS-COLHEITA PARA MITIGAÇÃO DE PERDAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS

Prof. Dr. André Luís Duarte Goneli
FCA/UFGD



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

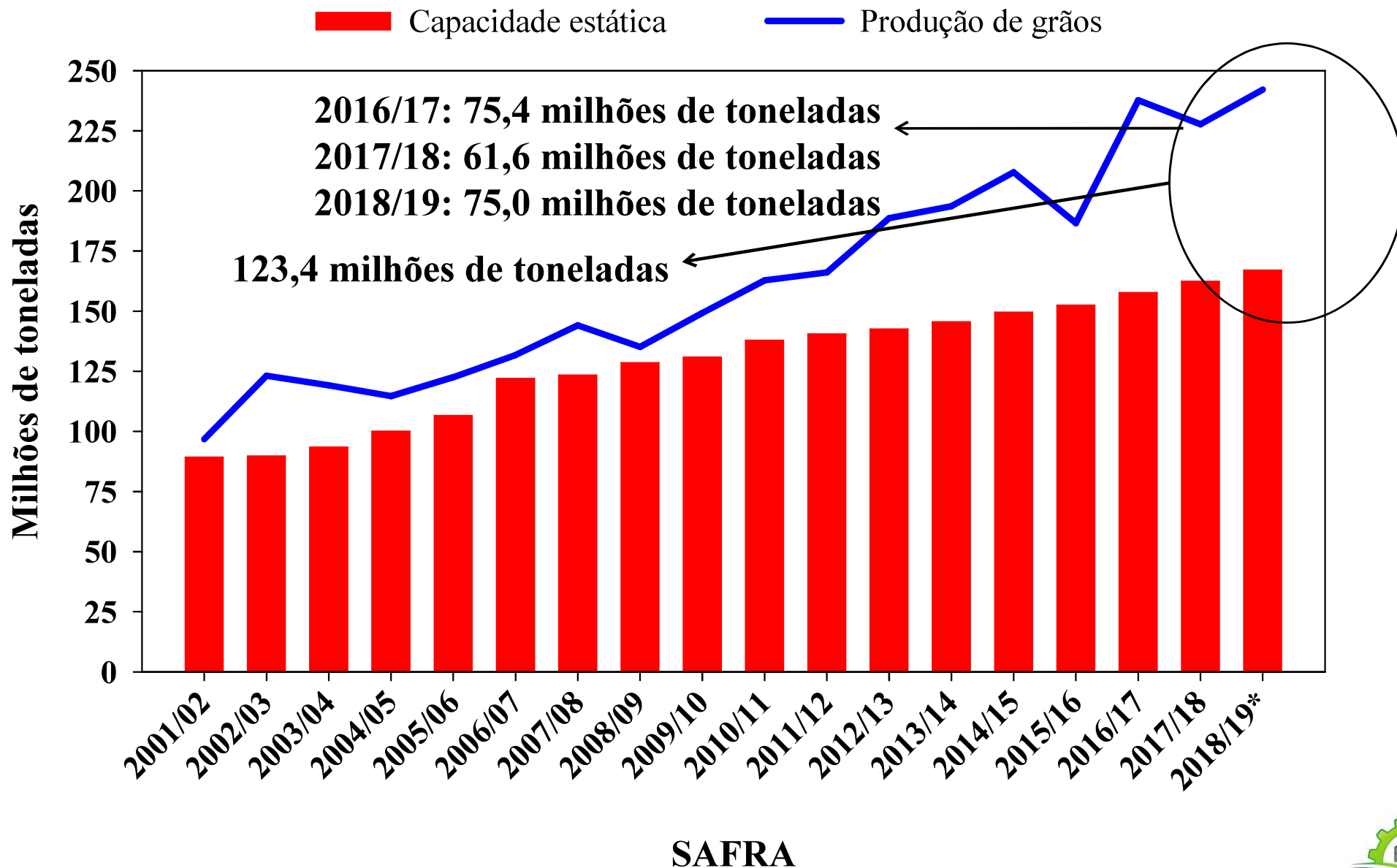


INTRODUÇÃO

- Produção de grãos: elo forte do setor agrícola;
- Últimos anos: aumento de produção;
- Consequência: cresce importância do setor de armazenamento;
- Produto deve chegar com qualidade ao consumidor;
- Identificação e redução de perdas (Onde e quais são?);
- Qual a origem das perdas?
- Fazer valer sua importância no agronegócio.



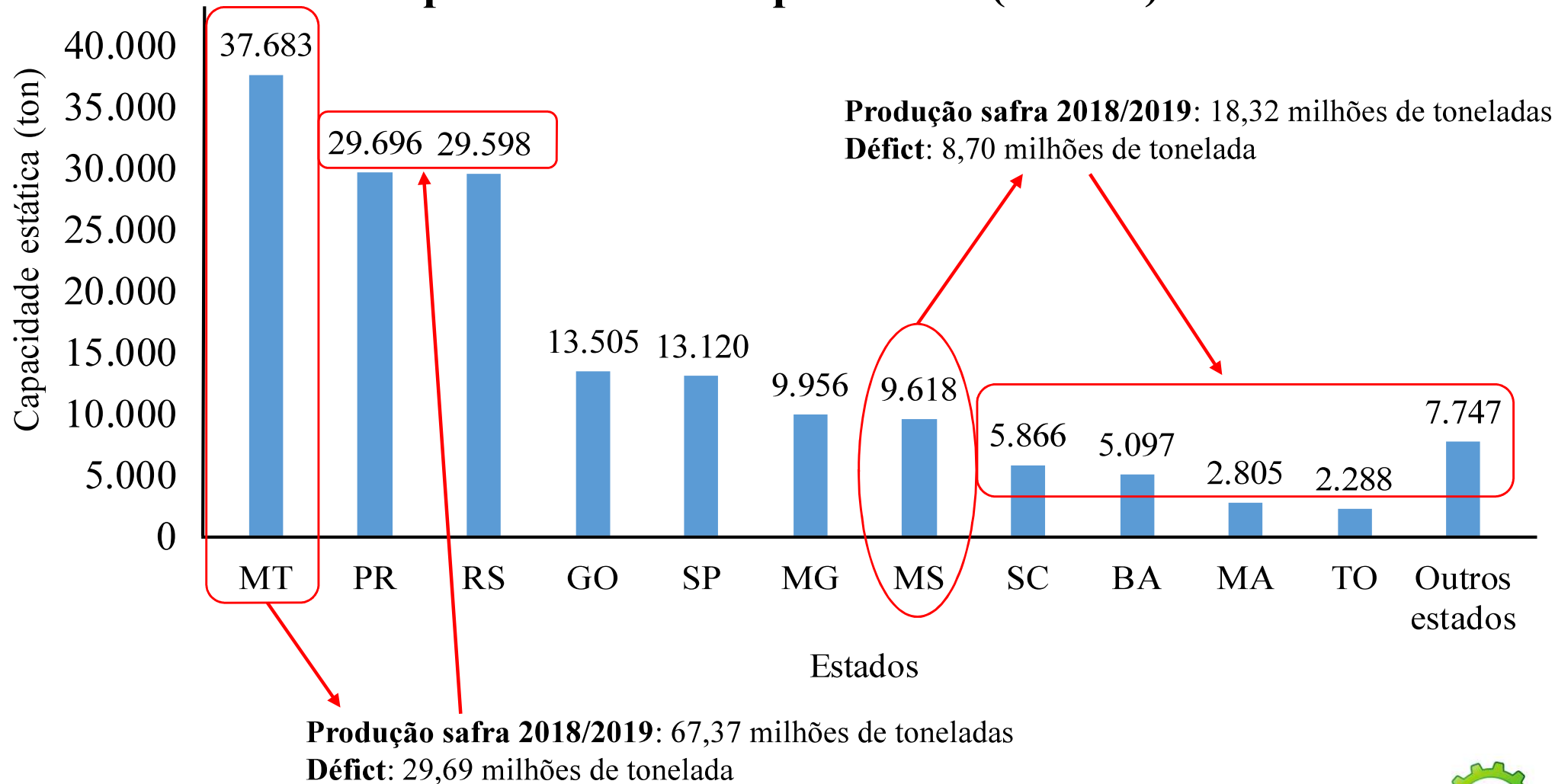
PROBLEMA: *Onde armazenar?*



Fonte: Conab, Setembro de 2019 (adaptado)



Capacidade estática por estado (mil ton)



Fonte: Conab, Outubro de 2019 (adaptado)

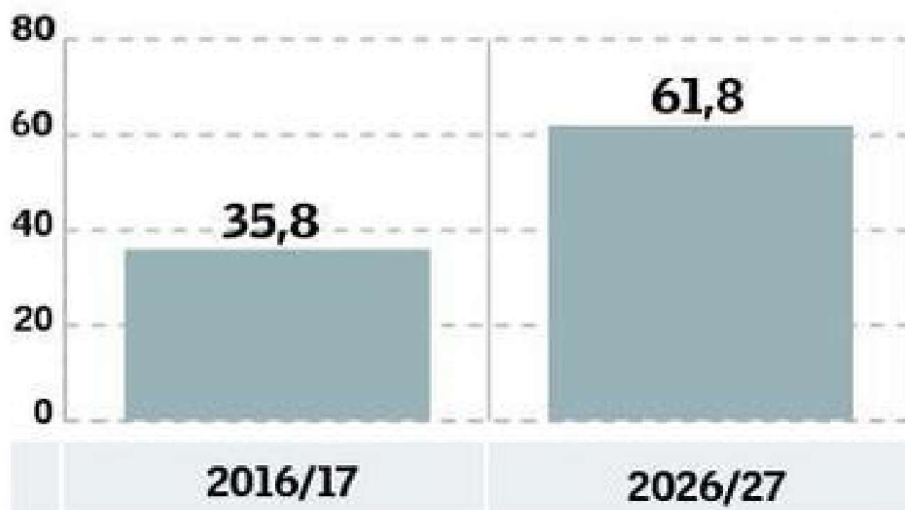


Armazenagem de grãos

Déficits atual e projetado (milhões de toneladas)

Em 8 anos, déficit previsto
próximo a produção na
safra passada (228
safra 17/18)

■ Mato Grosso



■ Brasil



344 milhões de toneladas é o volume que a produção brasileira de grãos deverá alcançar em 2026/27, segundo a Embrapa. Nesse cenário, a colheita de Mato Grosso está estimada em 82 milhões de toneladas



➤ Operações pós-colheita em ritmo acelerado:

- ☐ Amostragens mal feitas no recebimento dos grãos na unidade armazenadora;
- ☐ Descontos
- ☐ Pré-limpeza negligenciada;
- ☐ Secagem com temperaturas elevadas;
- ☐ Aeração ineficiente;

➤ Dificuldade de planejamento de safras subsequentes;

➤ Etc...

I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



Primavera do Leste, MT (2017)





De que forma isso afeta as perdas e a qualidade do produto?

Onde se inicia as perdas?

Onde começa o armazenamento de grãos?



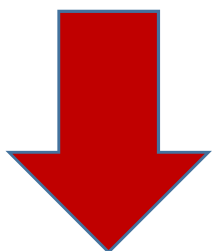


Identificação das perdas ...

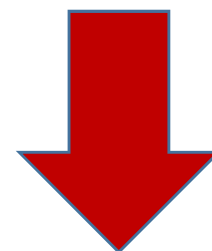
**PRÉ -
ARMAZENAGEM**



ARMAZENAGEM



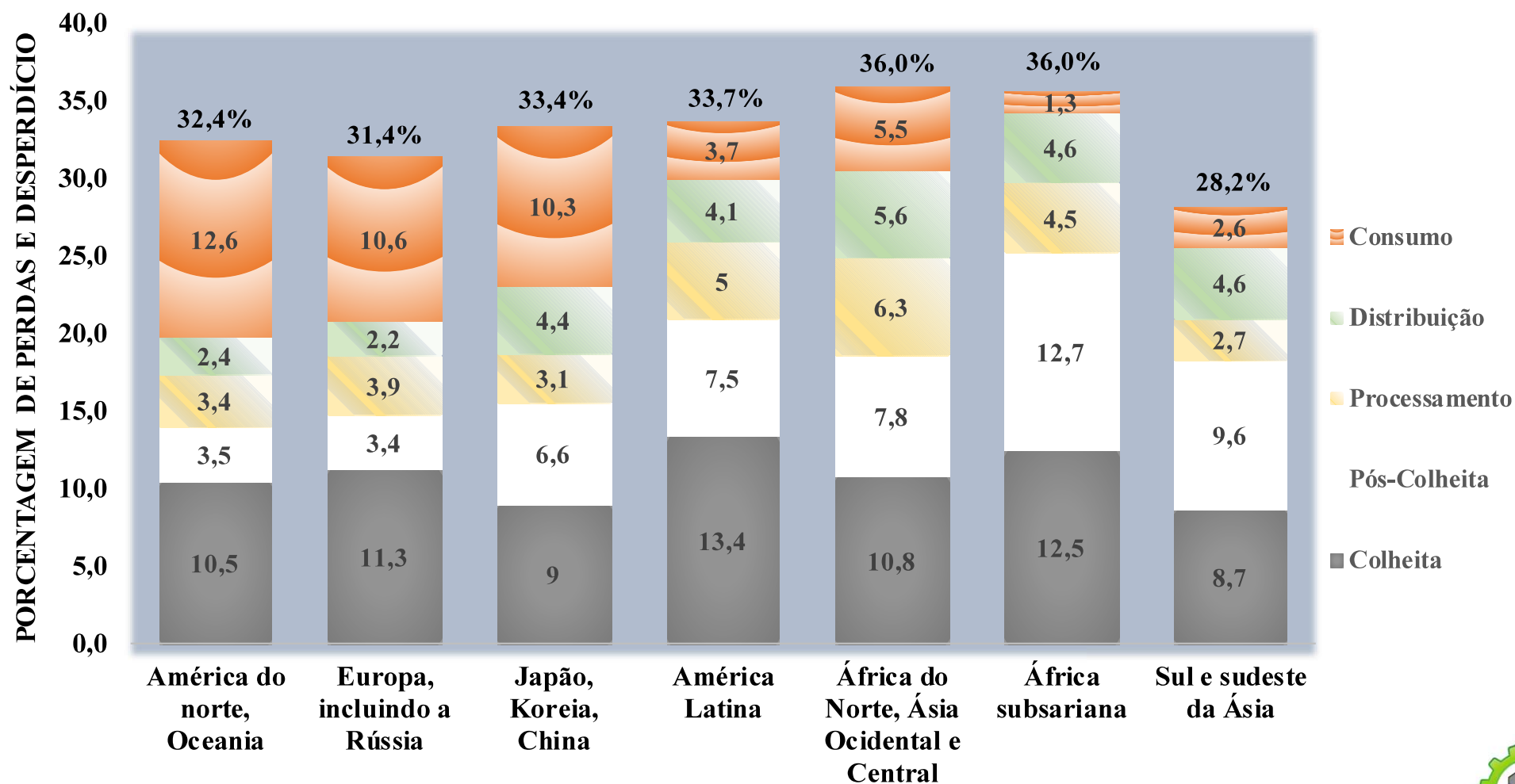
- CAMPO
- COLHEITA
- **TRANSPORTE**
- CHEGADA NA UA



- RECEPÇÃO DA UA
- PROCESSAMENTO
- SECAGEM
- **ARMAZENAMENTO**



Distribuição das perdas e desperdício de alimentos (FLW) ao longo da cadeia em diferentes regiões do mundo



Fonte: FAO (2017) adaptado pelo autor

I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS
NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Planejamento da safra ...



I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS
NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Planejamento da safra ...





Planejamento da safra ...





Planejamento da safra ...





Campo ...





Campo ...





Colheita ...





Transporte ...





Transporte ...





Chegada na UA ...



**Tabela 1. Teor de água dos grãos de milho em função do teor de água e do tempo de espera**

Teor de água de colheita (% b.u.)	Armazenamento temporário (dias)				
	2	4	6	8	10
28.5	30.7	31.4	31.5	34.3	38.2
22,4	22,5	24,4	24,7	25,4	27,9
21,0	22,3	22,4	23,4	25,2	26,7
19,0	20,4	21,3	22,0	22,0	24,0

Tabela 2. Temperatura dos grãos de milho em função do teor de água e do tempo de espera

Teor de água de colheita (% b.u.)	Armazenamento temporário (dias)					
	0	2	4	6	8	10
28.5	38.0	40.0	46.0	50.0	50.0	50.0
22,4	34,0	36,0	40,0	41,0	44,0	44,0
21,0	34,0	35,0	38,0	40,0	40,0	42,0
19,0	34,0	35,0	36,0	36,0	37,0	37,0

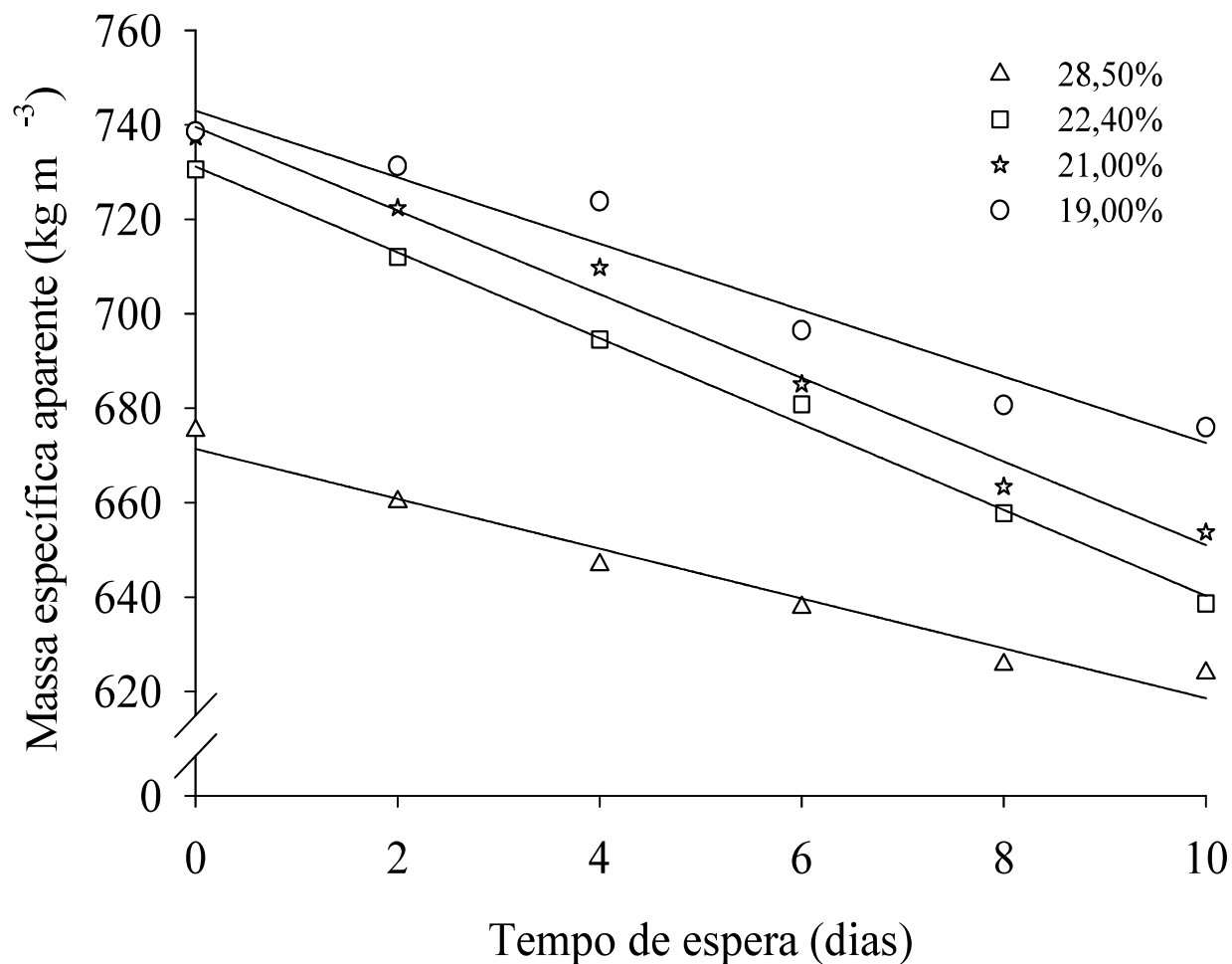


Figura 1. Resultados da massa específica aparente dos grãos de milho, em função do teor de água de colheita e do período de armazenamento temporário (TE).



Transporte / chegada na UA

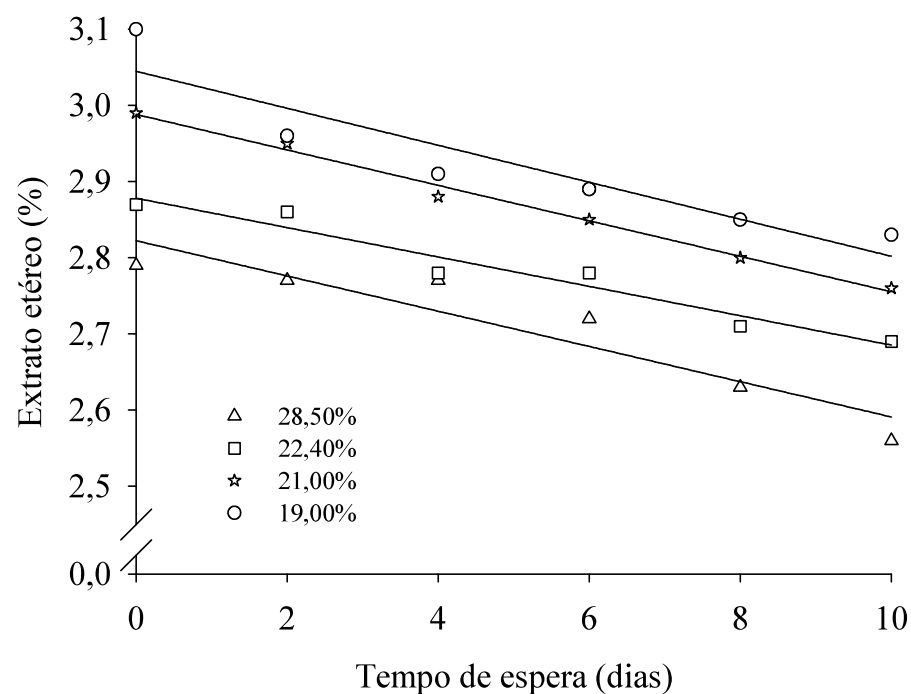
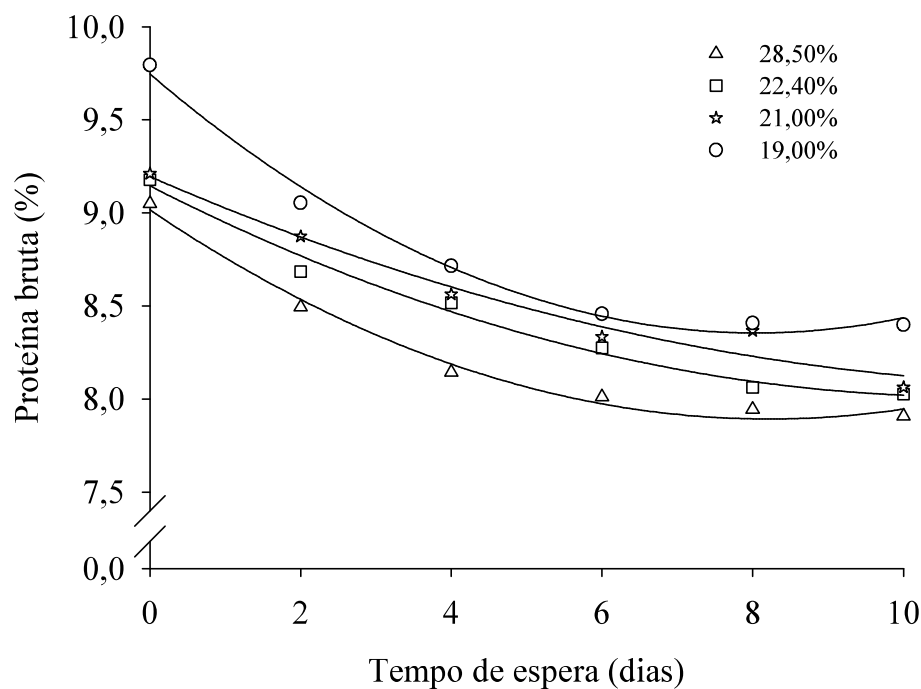


Figura 2. Proteína bruta e extrato etéreo dos grãos de milho, em função do teor de água de colheita e do período de armazenamento temporário (TE).



Transporte / chegada na UA

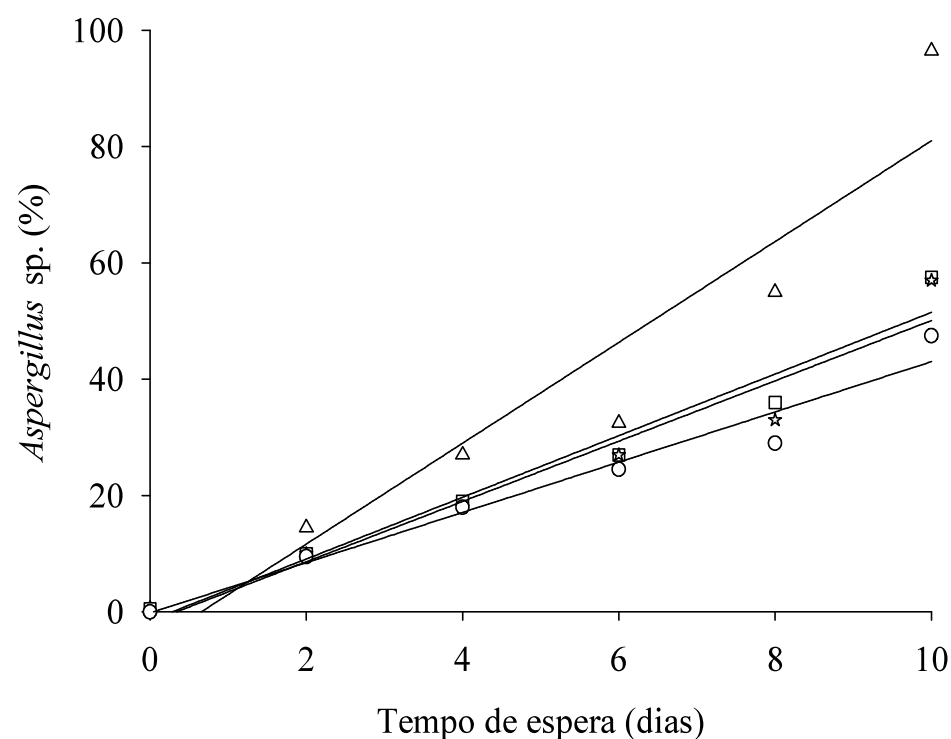
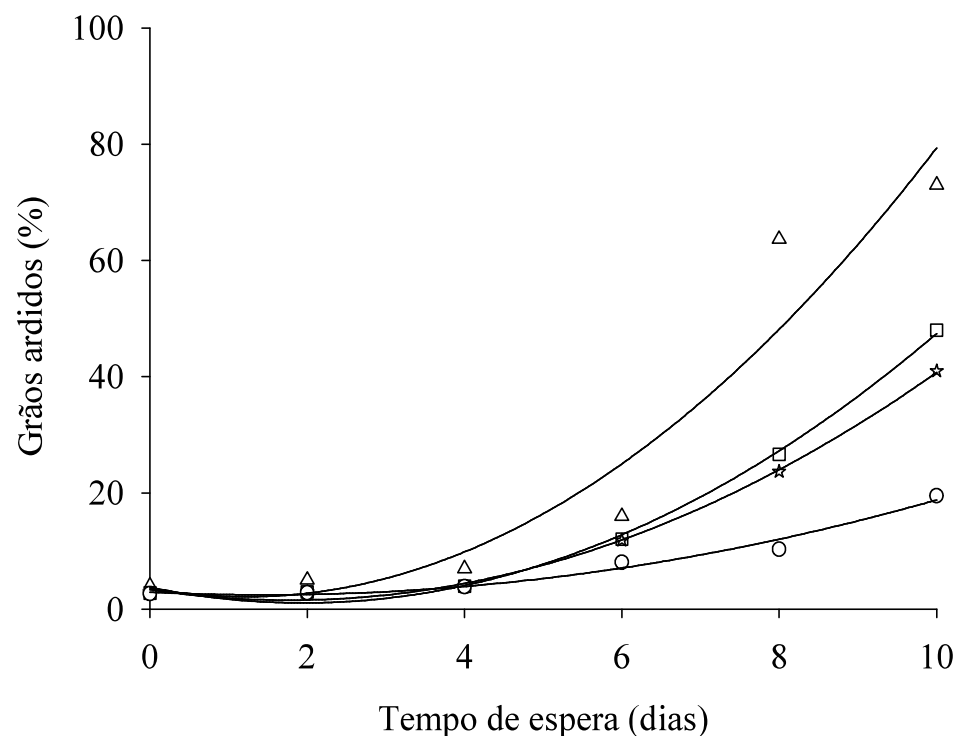


Figura 3. Porcentagem de grãos de milho ardidos e infestados com *Aspergillus* sp., em função do teor de água de colheita e do período de armazenamento temporário (TE).

**Tabela 1. Teor de água dos grãos de soja em função do teor de água e do tempo de espera**

Teor de água de colheita (% b.u.)	Armazenamento temporário (dias)				
	2	4	6	8	10
20,0	22,6	24,3	24,9	25,5	26,8
18,0	20,3	21,9	22,4	22,9	24,2
16,0	18,1	19,4	19,9	20,4	21,5
14,0	15,8	17,0	17,4	17,8	18,8

Tabela 2. Temperatura dos grãos de soja em função do teor de água e do tempo de espera

Teor de água de colheita (% b.u.)	Armazenamento temporário (dias)					
	0	2	4	6	8	10
20,0	34,0	37,0	42,0	44,0	44,0	45,0
18,0	32,0	34,0	37,0	40,0	41,0	41,0
16,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0	40,0
14,0	30,0	33,0	34,0	35,0	35,0	35,0



Transporte / chegada na UA

○ 20% b.u. △ 18% b.u. □ 16% b.u. ☆ 14% b.u. — Valores estimados

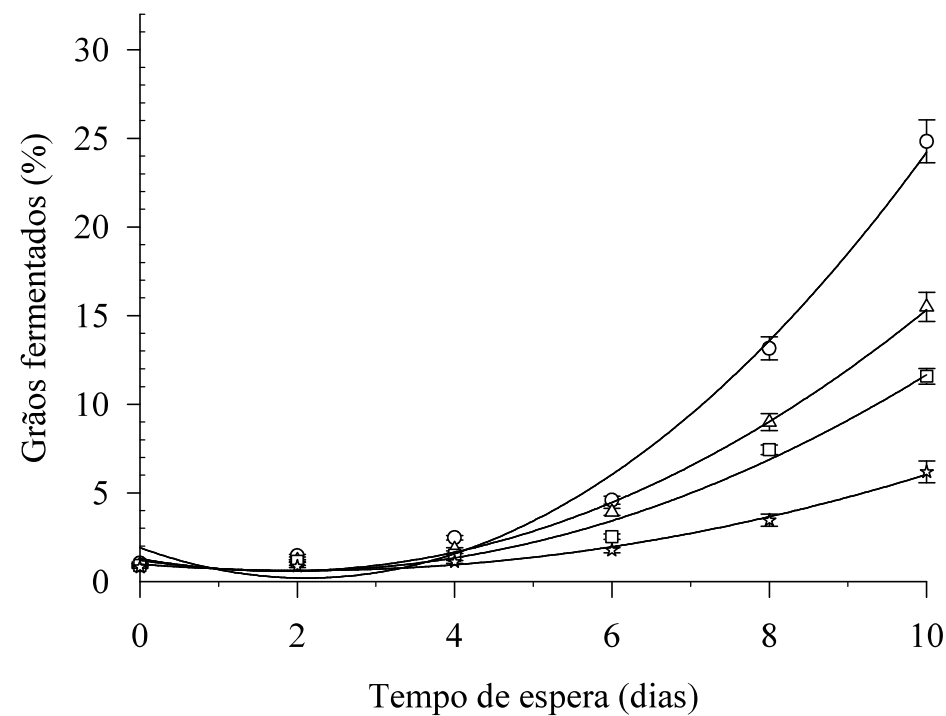
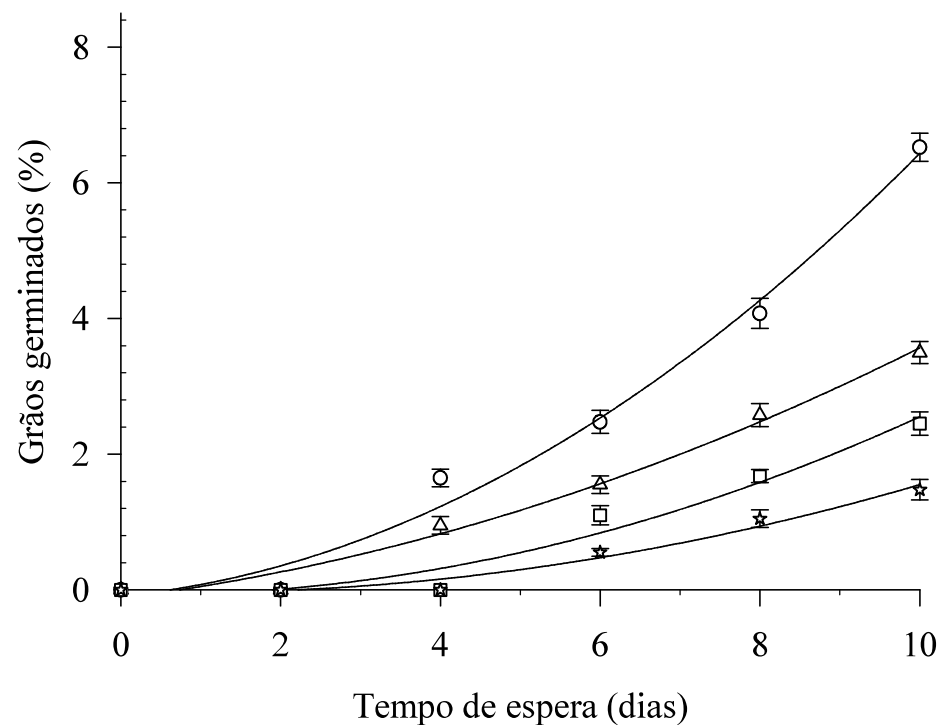


Figura 1. Grãos germinados fermentados de soja, em função do teor de água e o tempo de espera

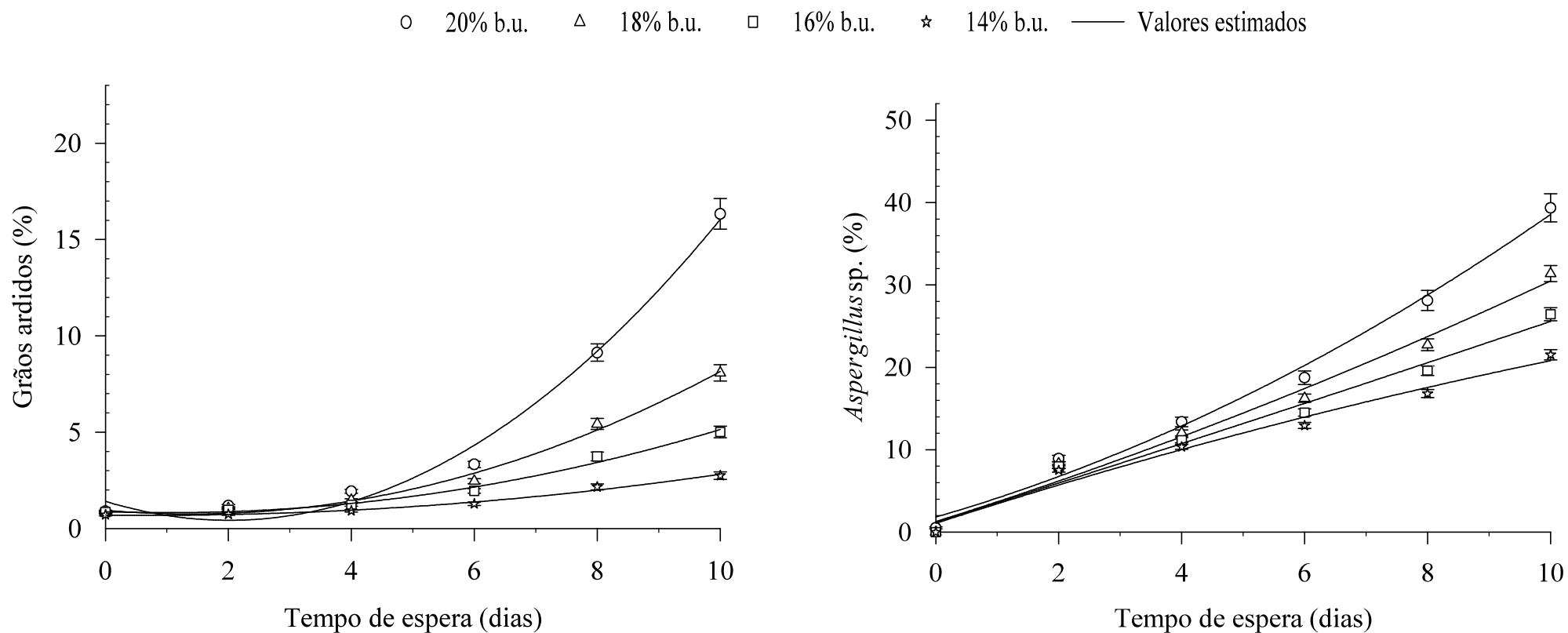


Figura 2. Grãos ardidos e infestação de *Aspergillus* sp. de soja, em função do teor de água e o tempo de espera



○ 20% b.u. △ 18% b.u. □ 16% b.u. ☆ 14% b.u. — Valores estimados

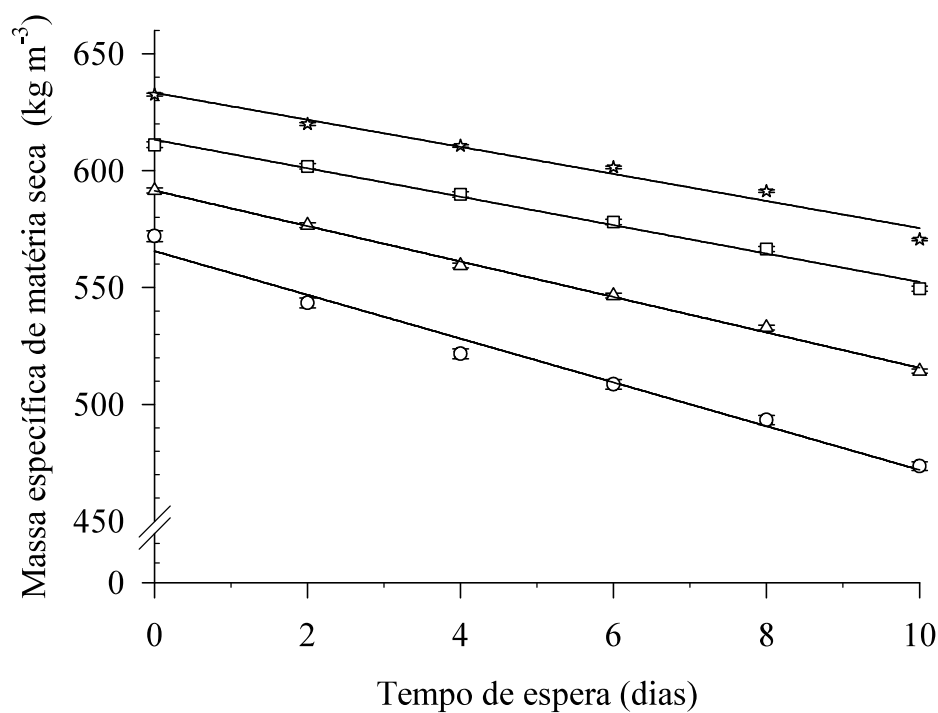


Figura 3. Massa específica de matéria seca dos grãos de soja, em função do teor de água e o tempo de espera



Transporte / chegada na UA

○ 20% b.u. △ 18% b.u. □ 16% b.u. ☆ 14% b.u. — Valores estimados

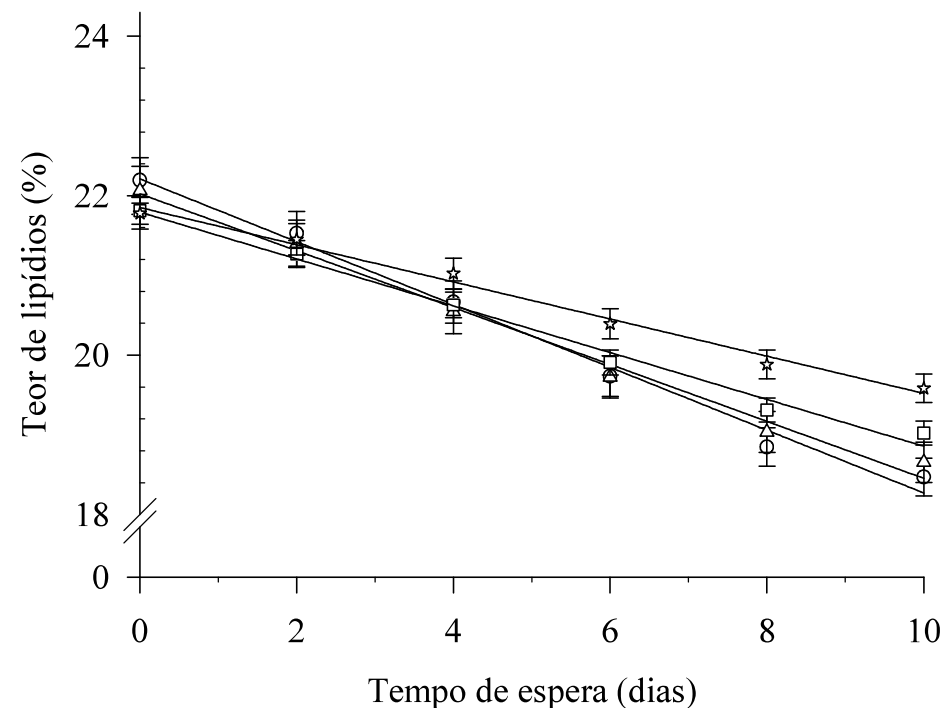
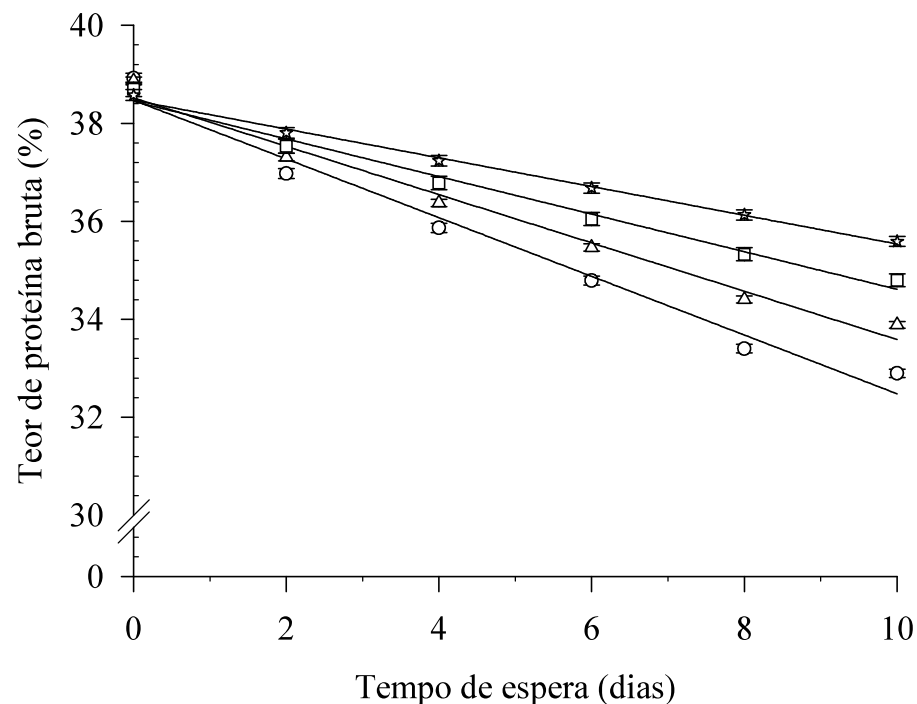


Figura 4. Teor de proteína bruta e de lipídios dos grãos de soja, em função do teor de água e o tempo de espera



○ 20% b.u. △ 18% b.u. □ 16% b.u. ☆ 14% b.u. — Valores estimados

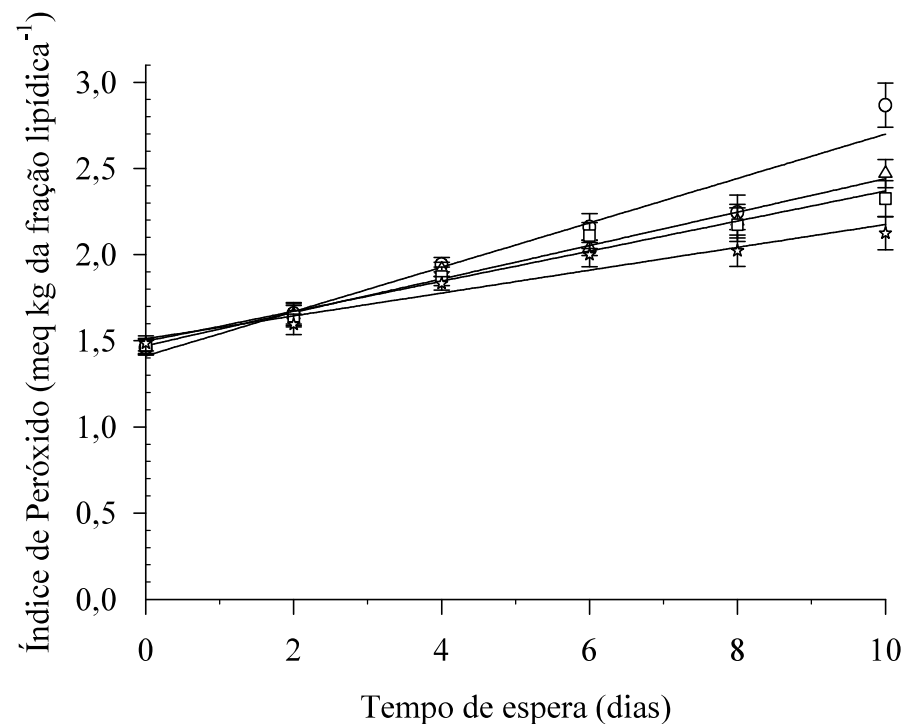
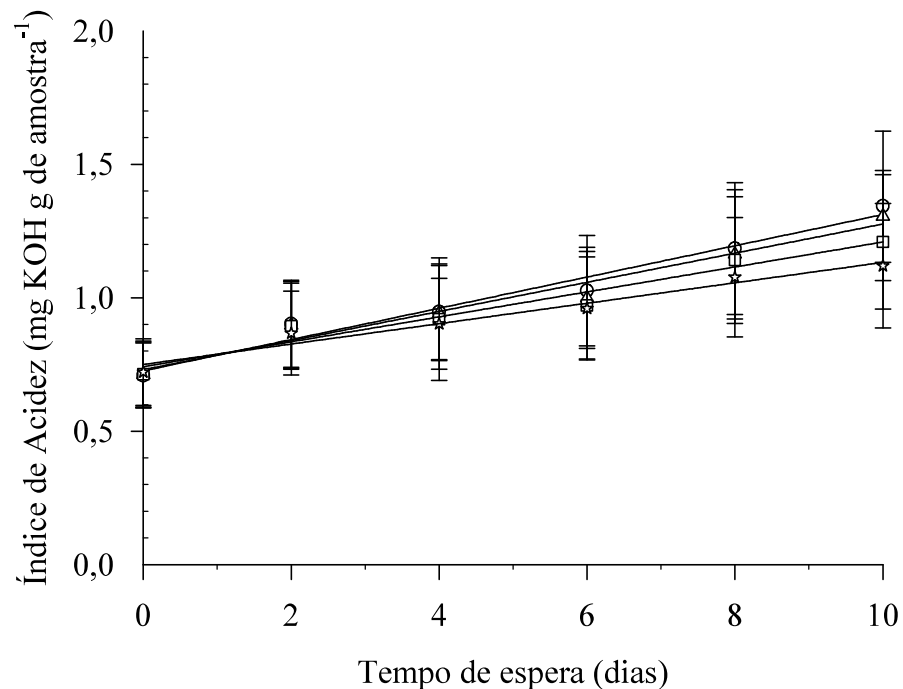


Figura 5. Índices de acidez e de peróxido do óleo bruto extraído dos grãos de soja, em função do teor de água e o tempo de espera



Transporte / chegada na UA





Transporte / chegada na UA



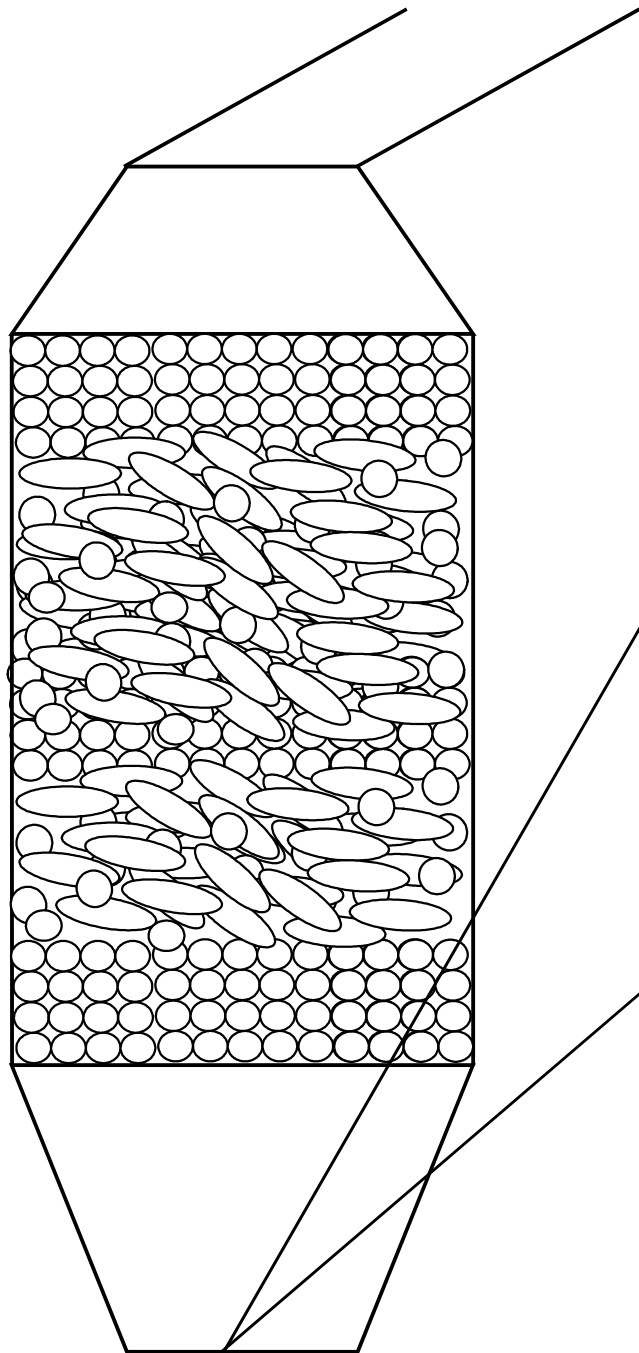


Transporte / chegada na UA





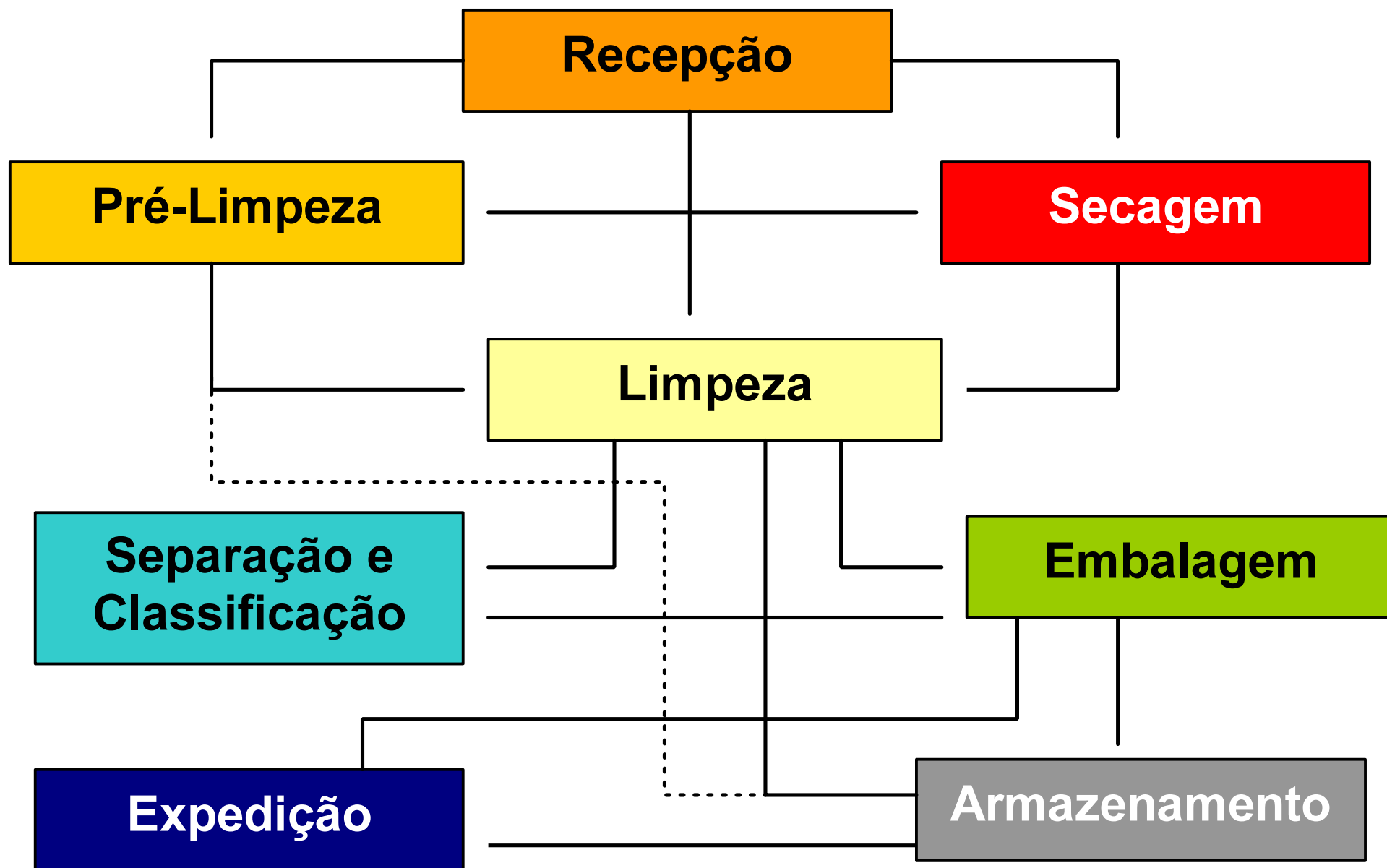
Amostragem ...



- **Homogeneização da amostra?**
- **Pra quem interessa?**



Recepção na UA...





Fatores que afetam a qualidade pós-colheita

➤ Fatores pré-armazenagem

➤ Teor de água dos grãos

➤ Temperatura da massa de grãos

➤ Impurezas

➤ Temperatura e umidade relativa do ar

➤ Respiração dos grãos

➤ Proliferação de fungos e insetos pragas

➤ Reações químicas de deterioração

➤ ...

PLANEJAMENTO

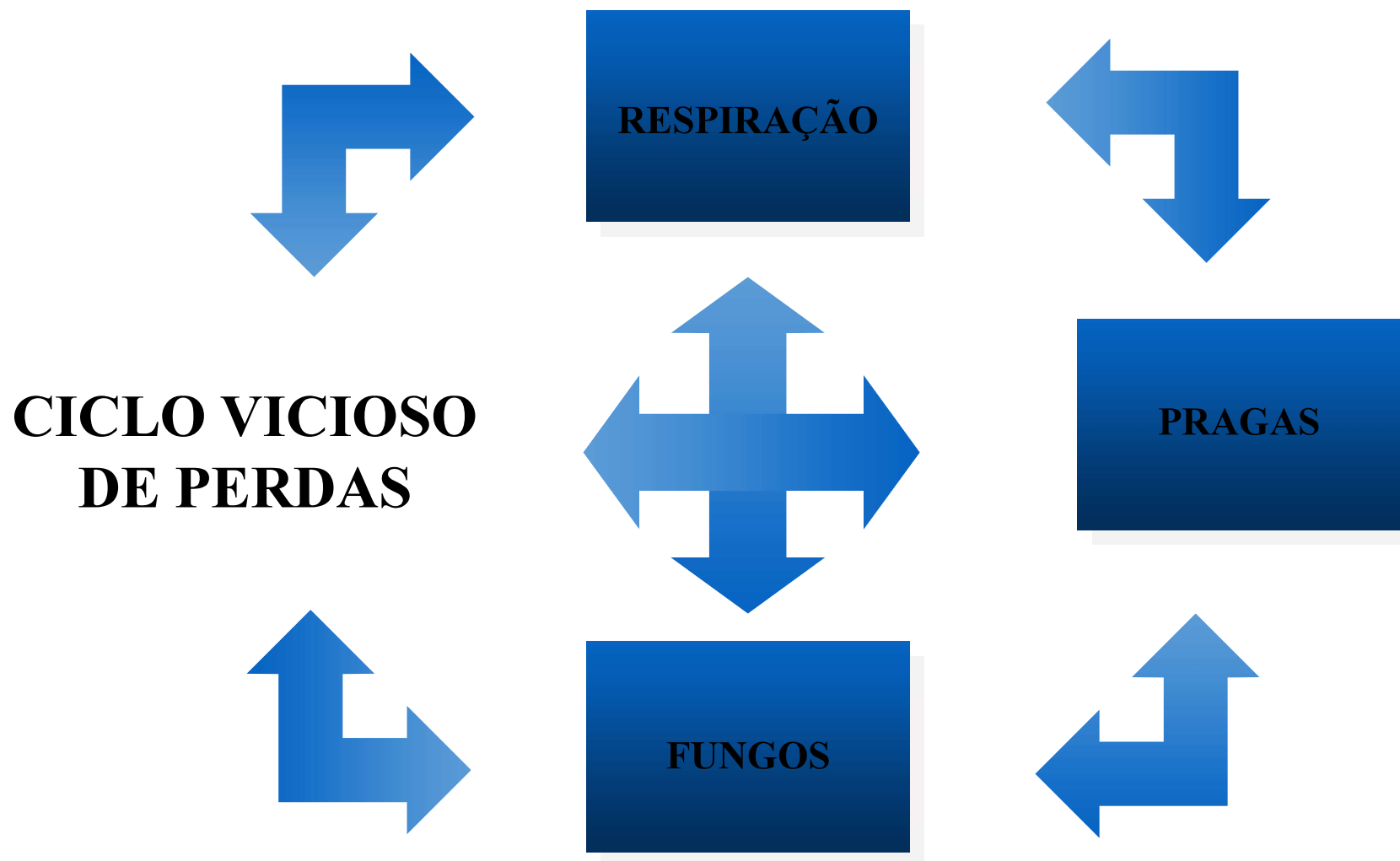
SECAGEM

PRÉ-LIMPEZA

**GERENCIAMENTO
E MANEJO
AERAÇÃO /
REFRIGERAÇÃO**



Fatores que afetam a qualidade pós-colheita





Para que se destina e para quem quero vender meu produto armazenado?

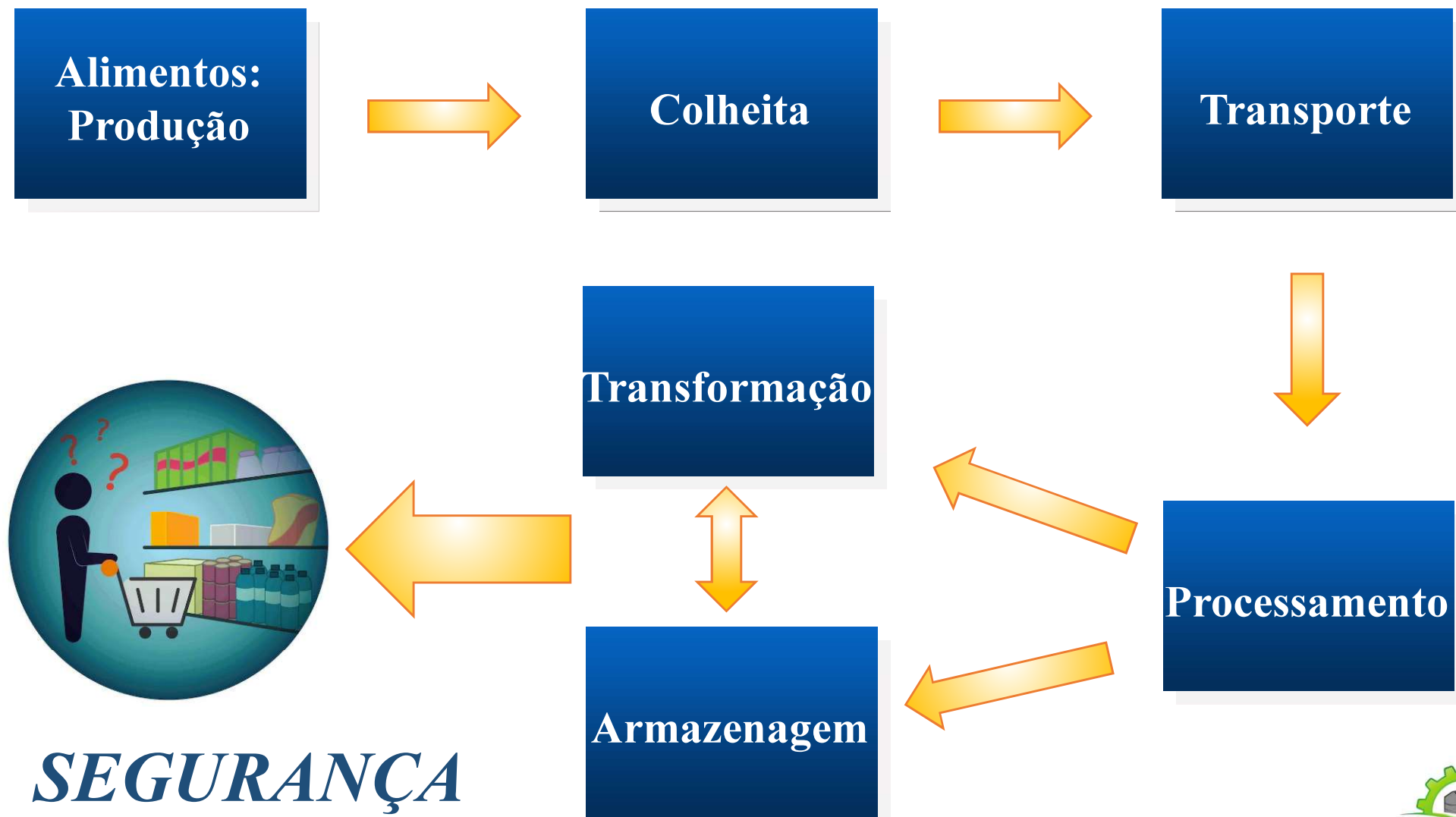
I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



*Independente do uso, sem
qualidade ...*





SEGURANÇA
ALIMENTAR



Segurança alimentar



Não armazenamos grãos, conservamos alimentos!!!



Principais mecanismos de mitigação das perdas

- Legislação (Certificação, ...)
 - Rastreabilidade do produto que chega e segregação
 - Maior eficiência de máquinas e processos
 - Redução do teor de água dos grãos em níveis seguros para a armazenagem (Qual?)
 - Secagem e pré-limpeza eficientes
 - Controle de pragas e fungos
- Manejo Integrado**
- Redução e uniformização da temperatura da massa de grãos (aeração eficiente = gerenciamento)
 - Controle do teor de água do produto (Equilíbrio higroscópico)



Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Sistema automatizado de alimentação de lenha em fornalhas





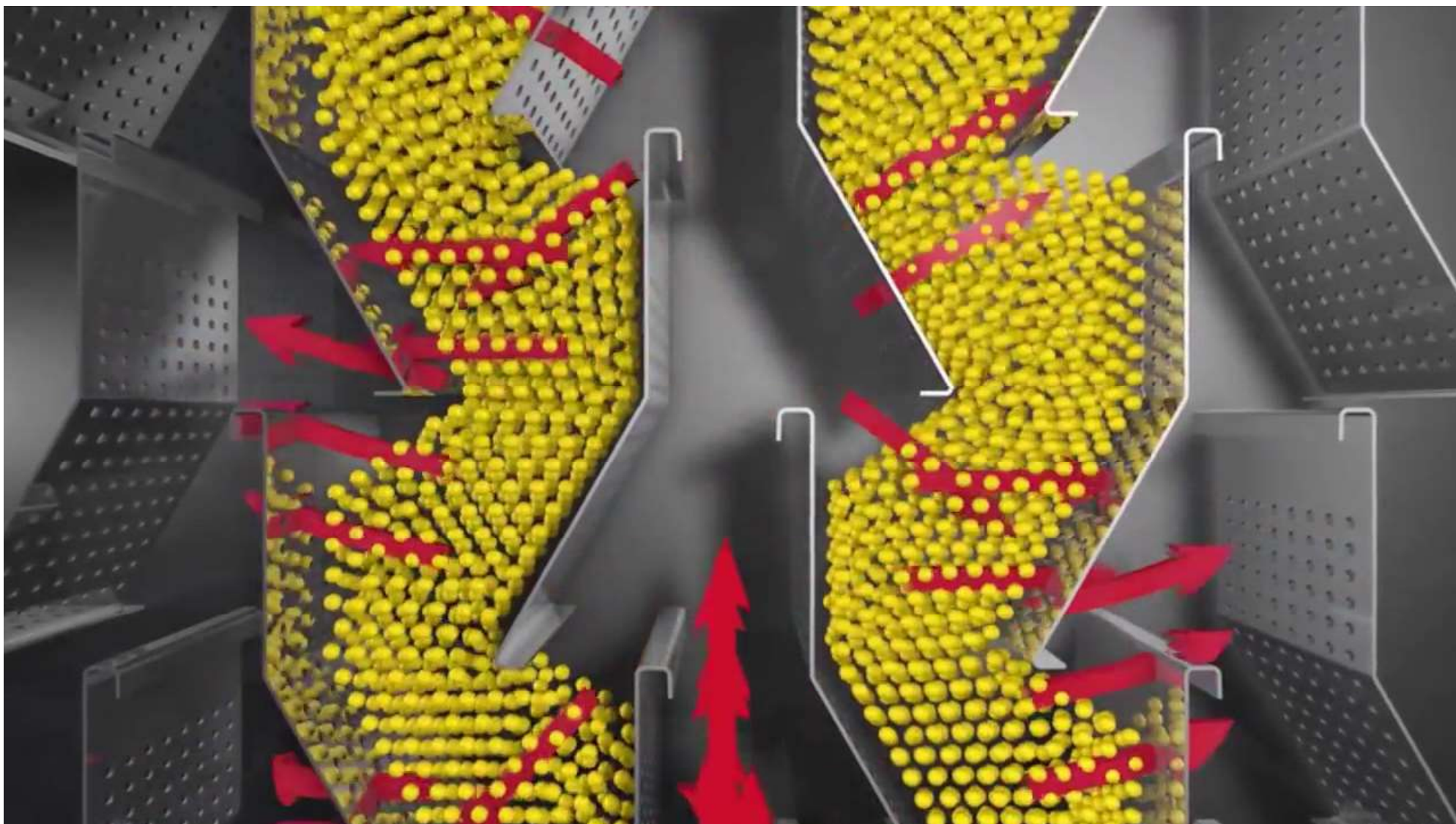
Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Sistema de aquecimento do ar por trocadores de calor (sistemas mais eficientes)





➤ Secadores de Coluna



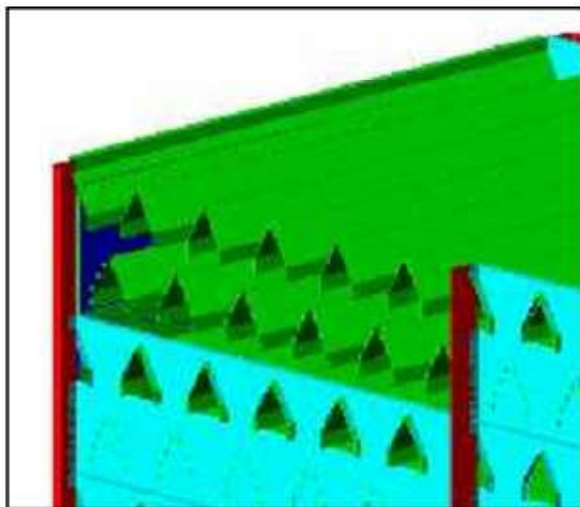


Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Secadores de Coluna

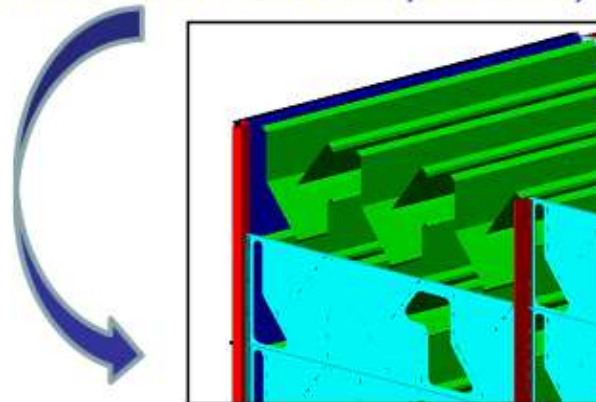
➤ Secador de cavaletes:

- Maior eficiência energética;
- Menor taxa de secagem;
- Secagem de produto com no máximo 1% de impurezas;
- Secadores com alta capacidade estática;
- Possibilidade de secagem em lotes;



➤ Secador de coluna:

- Secagem de produto com até 4% de impurezas;
- Secagem mais homogênea;
- Menos interrupções para limpeza;
- Impureza seca: ração ou pós-limpeza ou armazenagem;
- Sem queda de grãos na torre durante a carga.
- Maior taxa de secagem (pontos de umidade removidos por hora)





Novas tecnologias para mitigação das perdas

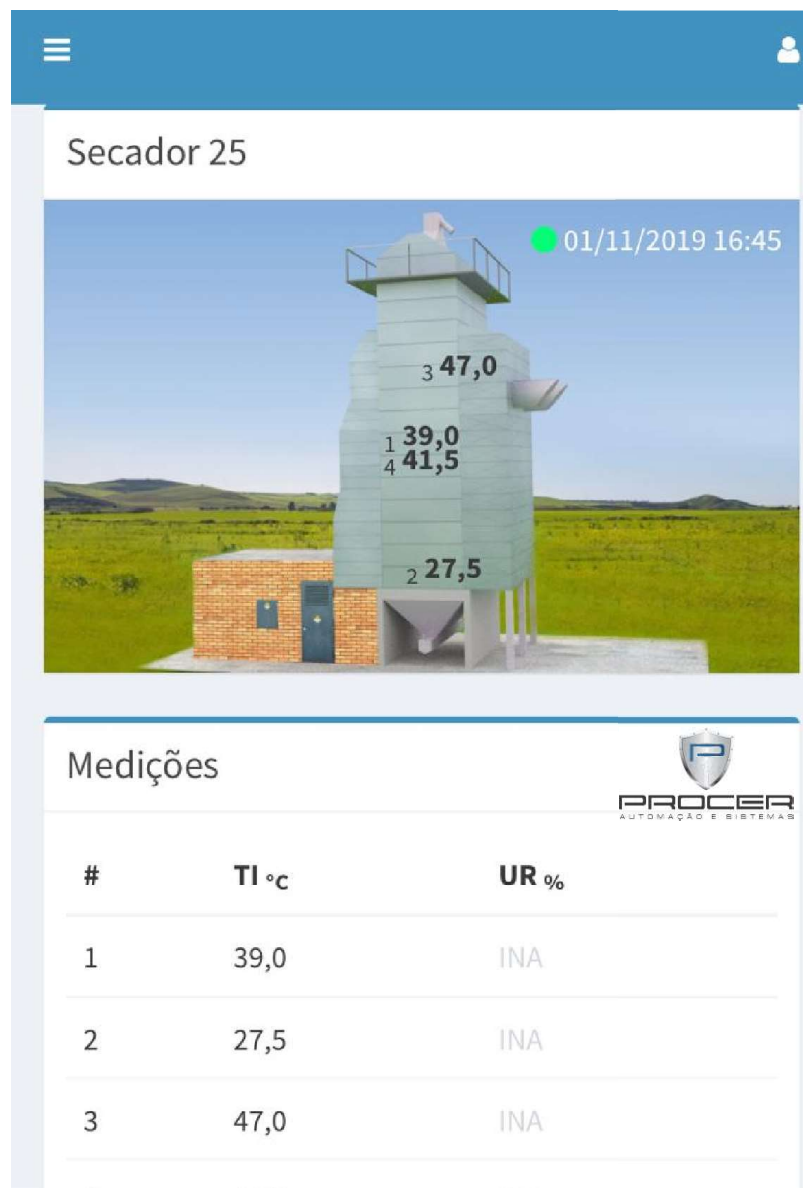
➤ Determinadores de umidade automáticos em secadores de grãos





Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Sensores de temperatura digital para secadores





Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Determinadores de umidade: Inmetro e Agricultura 4.0



APROVADO
PELO INMETRO





Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Sensores de CO₂ na massa de grãos (identificando deterioração)





Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Espalhadores e homogeneizadores de grãos em silos e graneleiros





Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Recirculador de fosfina





Novas tecnologias para mitigação das perdas

➤ Exaustores para silos, graneleiros, armazéns, etc.





Novas tecnologias para mitigação das perdas

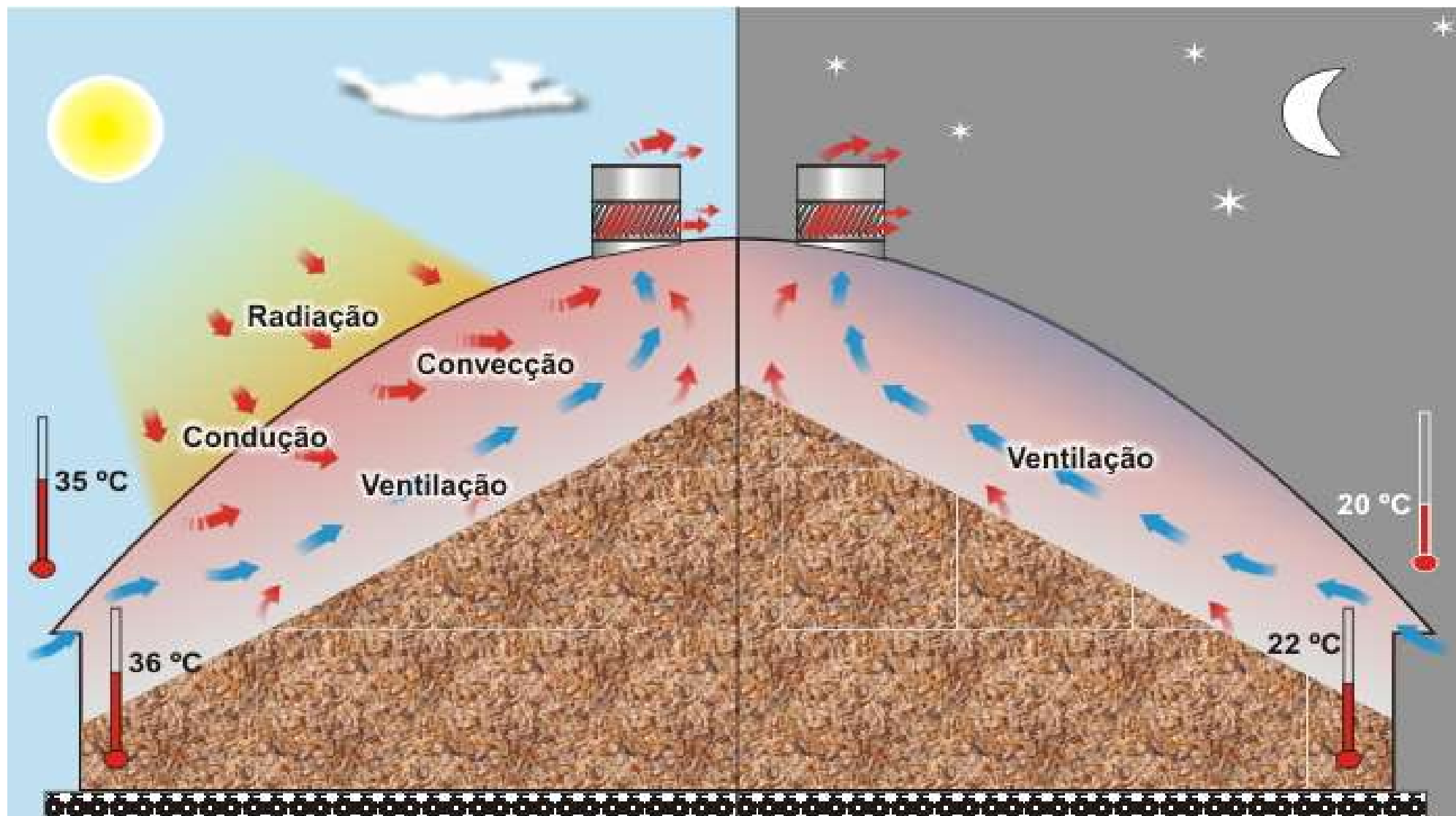
➤ Exaustores para silos, graneleiros, armazéns, etc.





Novas tecnologias para mitigação das perdas

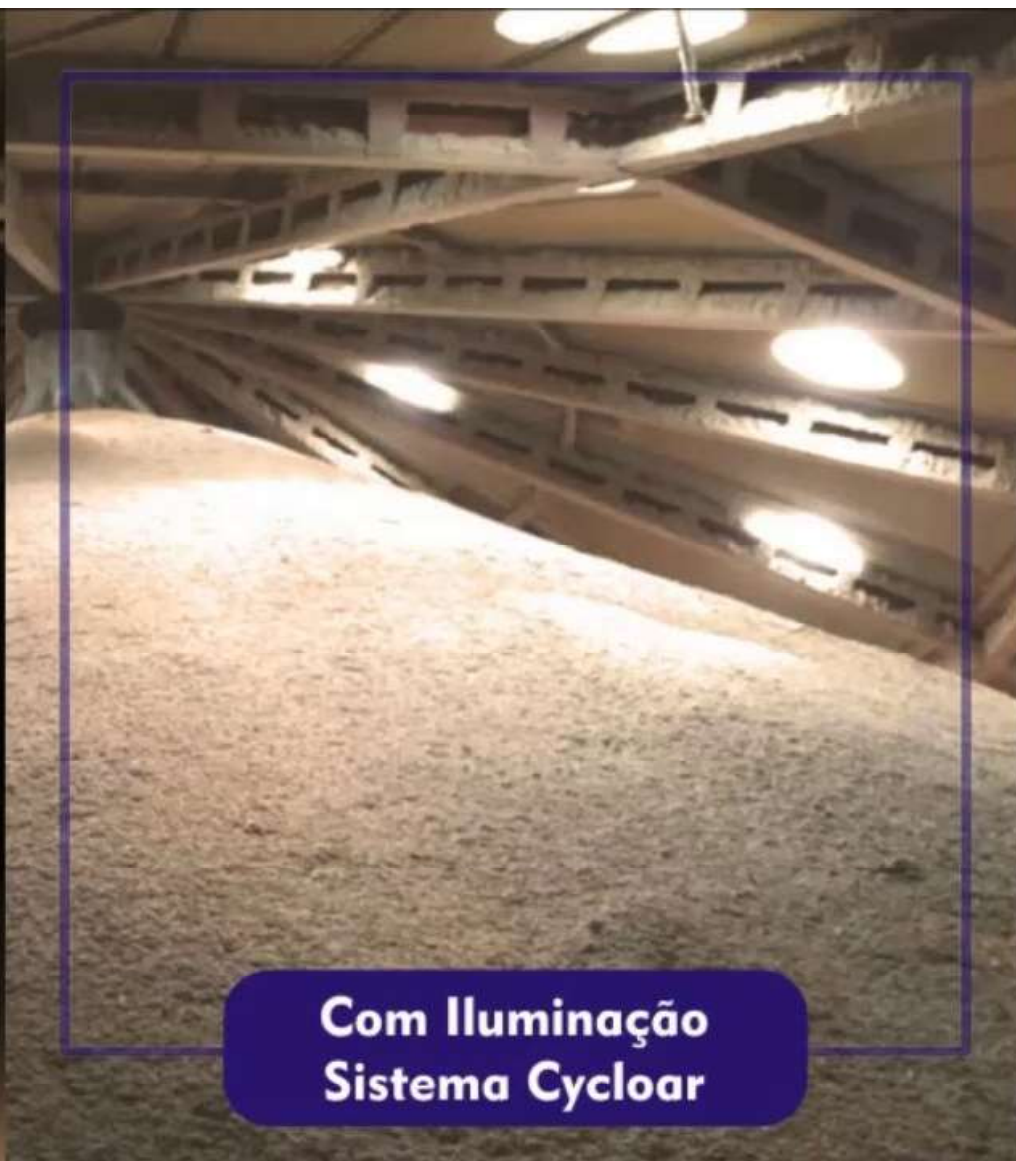
➤ Exaustores para silos, graneleiros (secagem em silos)





Novas tecnologias para mitigação das perdas

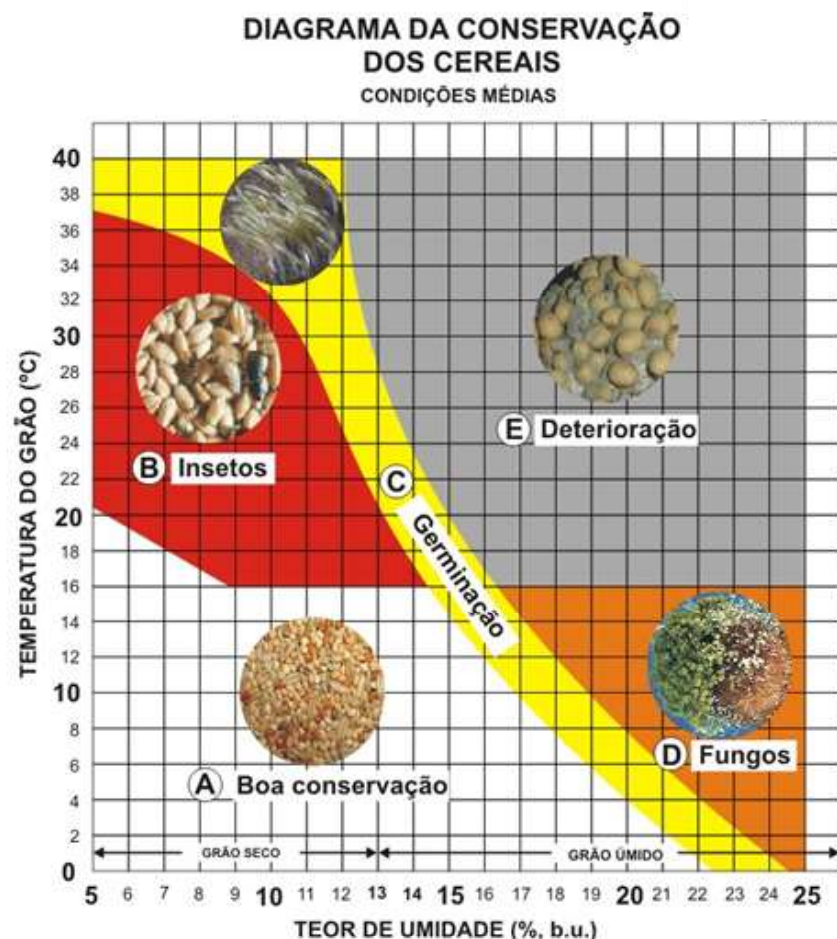
- Exaustores com aproveitamento da luz para silos, graneleiros, armazéns, etc.



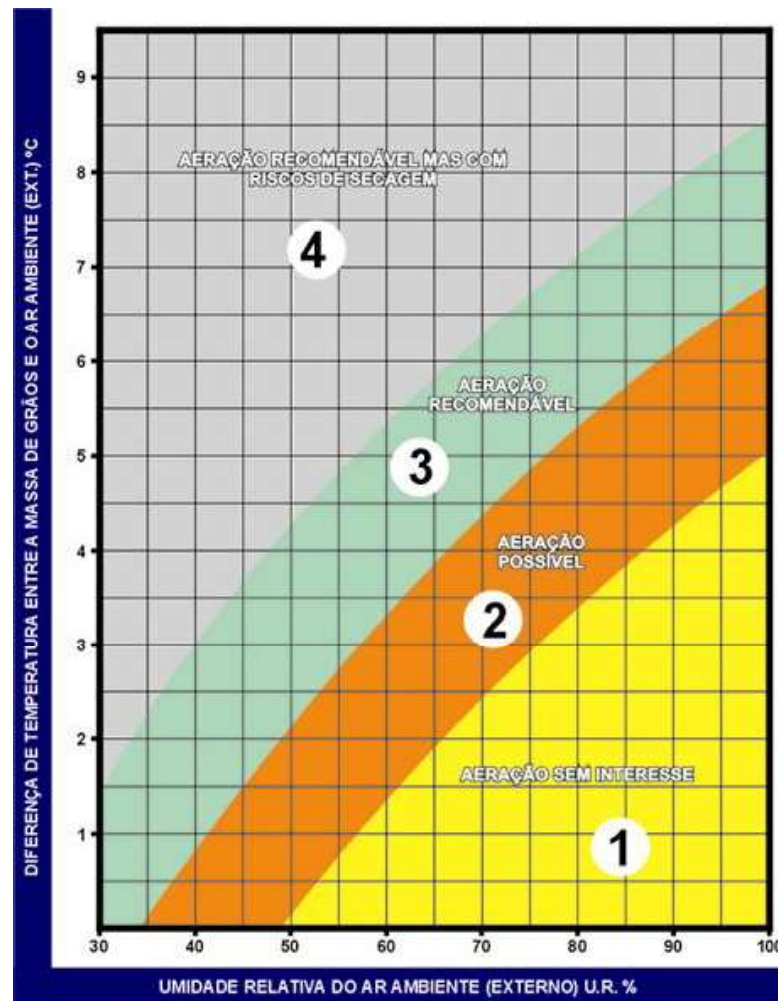


Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais



versus

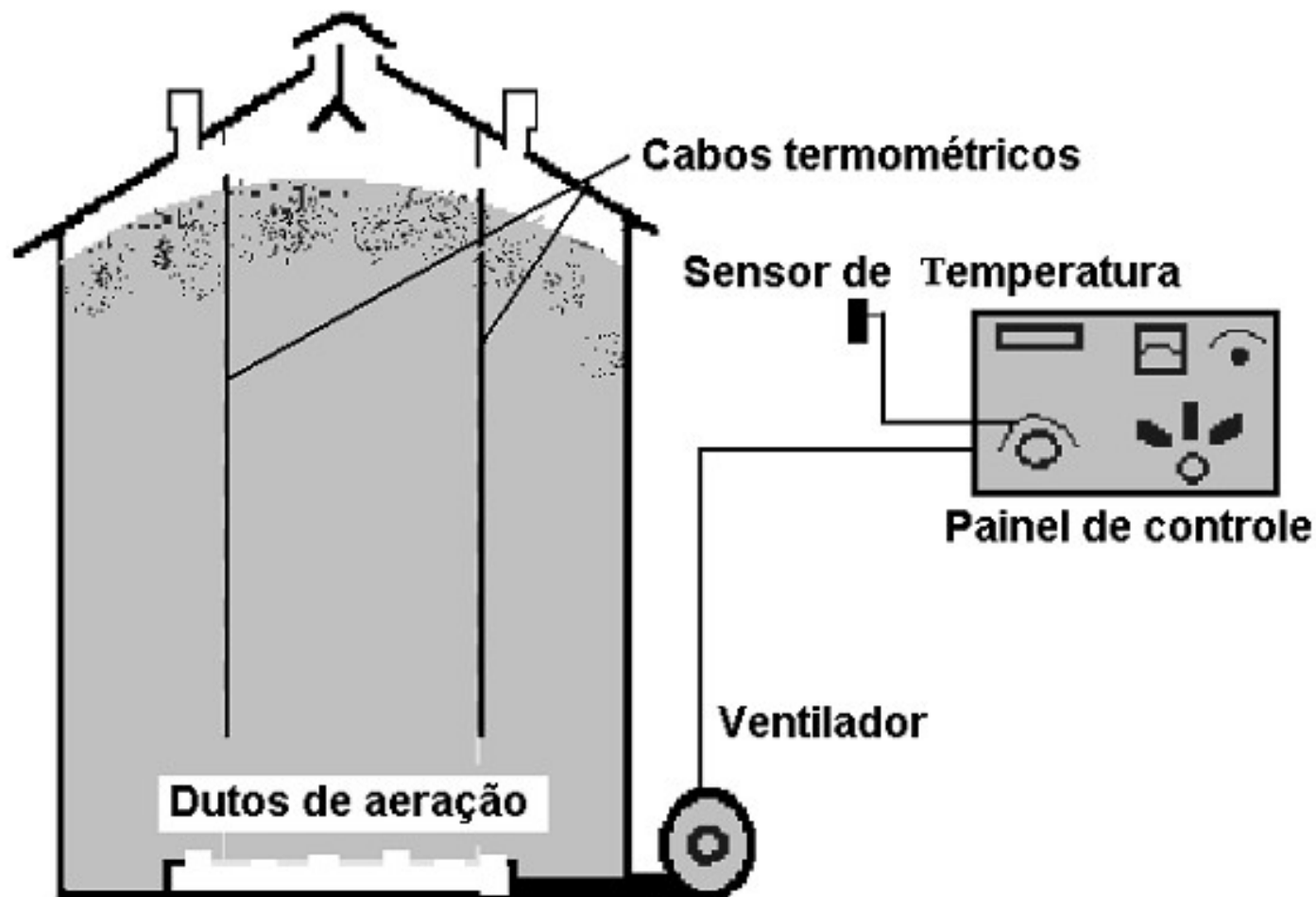


E a higroscopia dos grãos? Tem sido levada em conta?



Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais



Como levar a higroscopia em consideração com esses dados?



Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais



**AERAÇÃO
AUTOMÁTICA**

**COMUNICAÇÃO
SEM FIO**

**MEDIÇÕES
METEOROLÓGICA**

**SECAGEM E
RESFRIAMENTO
E CONSERVAÇÃO**

**CONSULTORIA
ESPECIALIZADA**

**SEGURANÇA E
QUALIDADE
DO GRÃO**

**GRANDE
ECONOMIA DE
ENERGIA**

**REDUZ GASTOS
COM EXPURGO**



Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais





Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais





Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais

Monitoramento remoto (Web)

CeresWeb | Granjas 4 Irmãos: Rio Grande - RS | Marcos Antonio Vargas

Navegação:

- Painel
- Silos/Armazéns
- Visão Atual
- Histórico
- Configurações
- Regras
- Programas
- Gráficos
- Umidade do Grão
- Planta da unidade
- Relatórios
- Monitoramento
- Usuários
- Fale conosco

Monitoramento de Silos:

Silo	Programa	Comando	Painel	Situação
07	Resfriamento	Desligado	Automático	Desligada
08	Sec. Arroz	Desligado	Automático	Desligada
09	Resfriamento	Desligado	Automático	Desligada
10	Sec. Arroz	Desligado	Automático	Desligada
11	Sec. Arroz	Desligado	Manual	Desligada
12	Resfriamento	Desligado	Automático	Desligada
13				
14				

Estação: Estação 2

Temperatura: 17,2°C

U. Relativa: 99,4%

Chuva: 0,0

Eq. Hígro.: Arroz - 18,5%

Comunicação: 26/05/2017 11:15

2016 © Proceer Automação Ltda. | CeresWeb 0.1.2

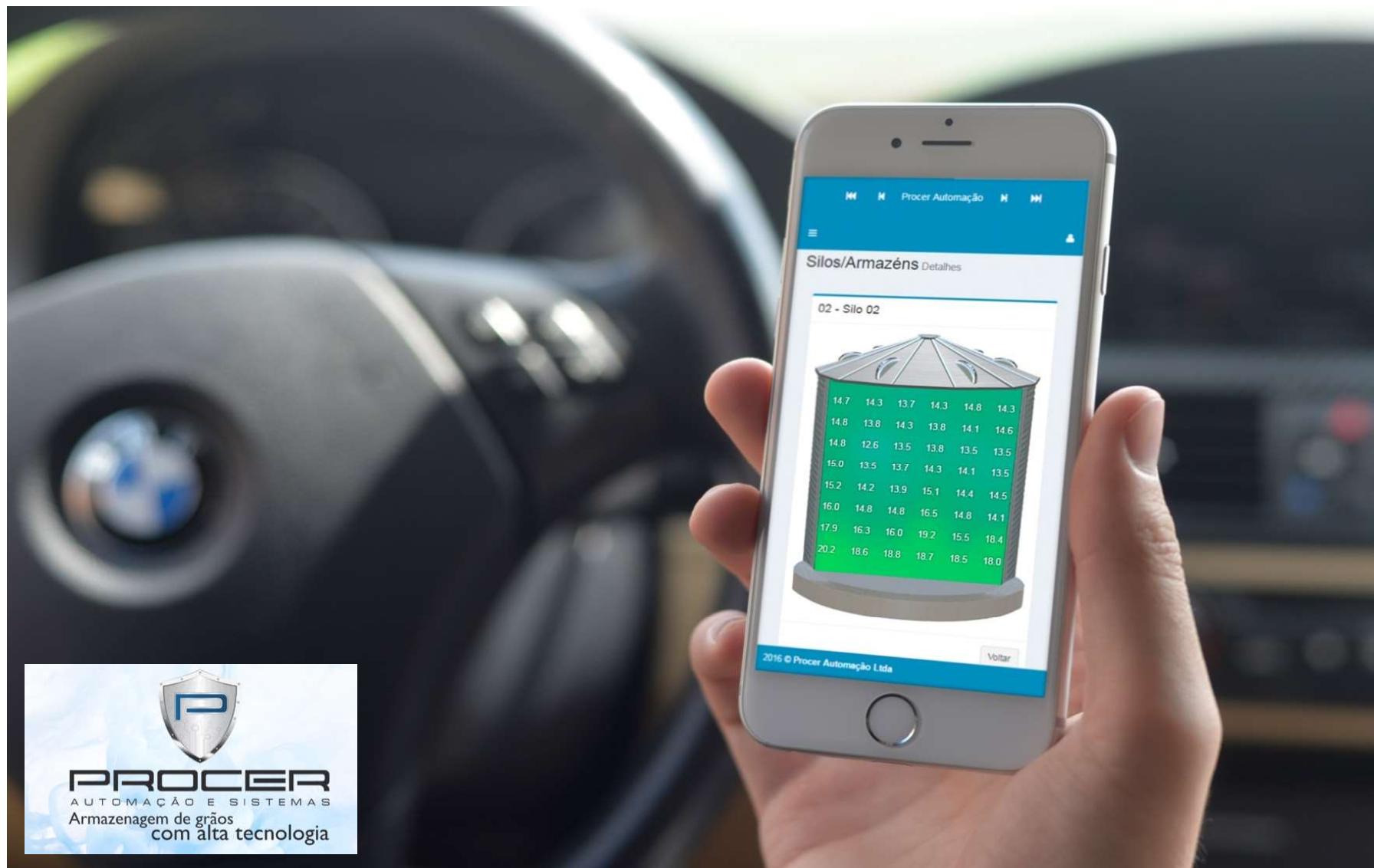




Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais

Monitoramento remoto (celular)





ESTUDO DE CASO 1

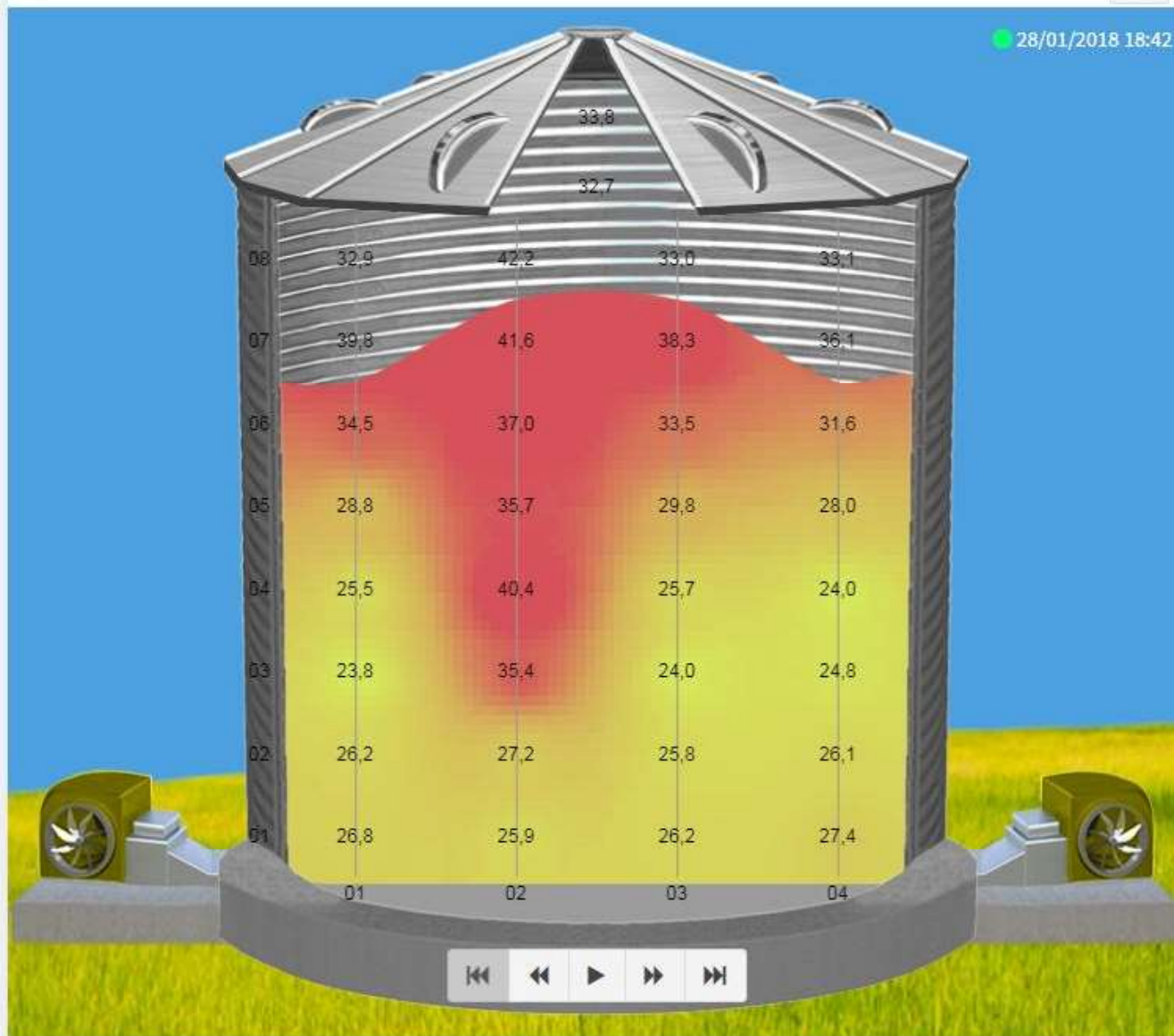


Novas tecnologias para mitigação das perdas

02 - Silo 02



28/01/2018 18:42



Estações Meteorológicas

#	TE °C	UR %	CH mm	EHE %	EHI %
1	25,7	87,1	0,0	22,3	15,9
3	22,2	91,0	0,0	27,3	18,0

Aeradores

Controle: Desconhecido

Prog.: Resfriamento Soja

#	Sit.	Sis.	Pnl.	I _A	In _A	P _{CV}
1	OFF	ON	A	0,0	21,6	15,0
2	OFF	ON	A	0,0	21,6	15,0

[Mais detalhes](#)

Armazenagem/Grão

Grão	Soja		
Teor umid. %	14,0		
Temp. °C	Mín 23,8	Méd 29,8	Máx 41,6
Estoque sacos	11.531/15.000		

Normalmente, seria recomendada a aeração?

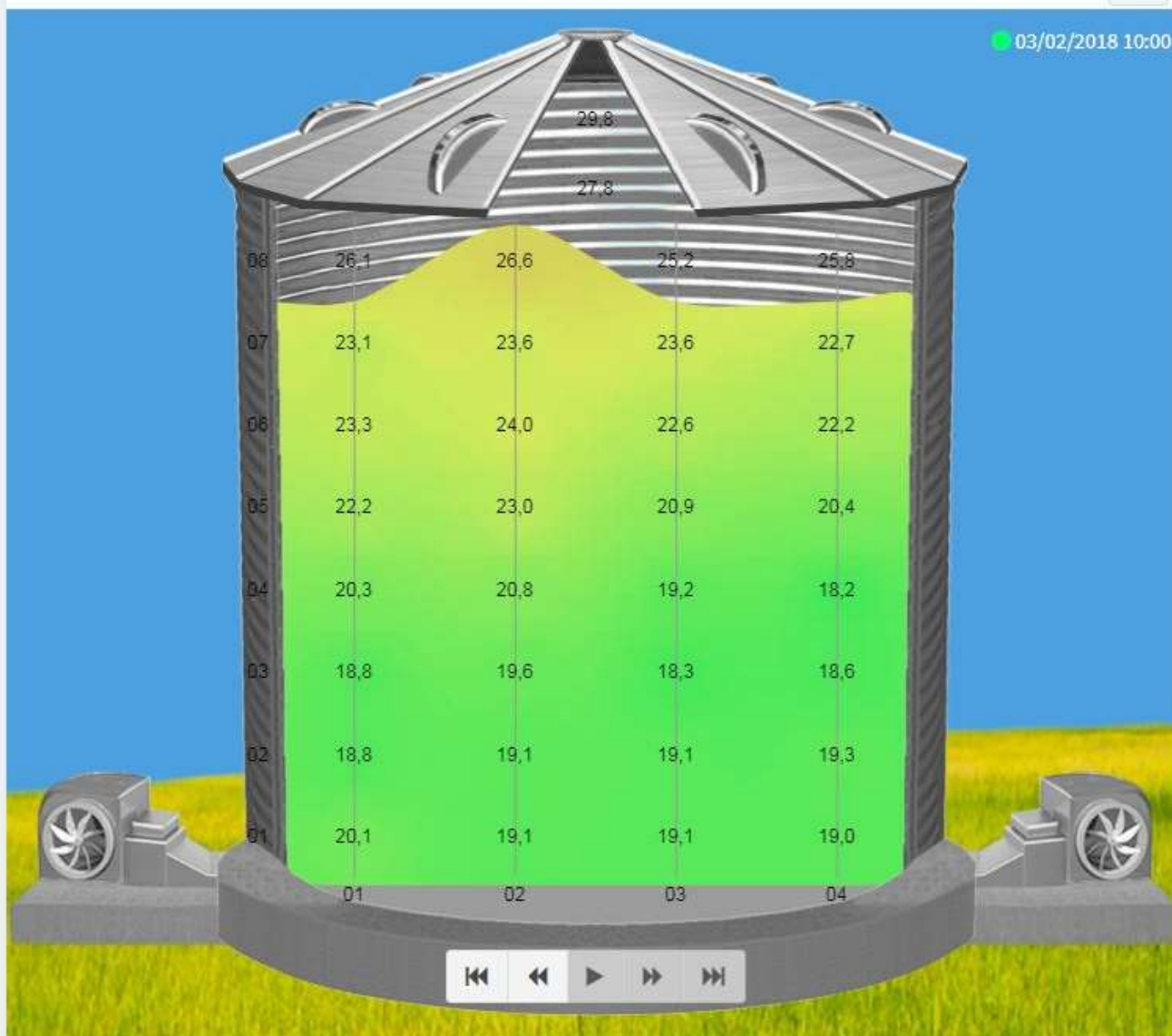


Novas tecnologias para mitigação das perdas

02 - Silo 02



03/02/2018 10:00



Estações Meteorológicas

#	TE °C	UR %	CH mm	EHE %	EHI %
1	25,1	64,3	0,0	11,3	9,8
3	20,3	69,0	0,0	12,8	10,9

Aeradores

Controle: Desconhecido

Prog.: Resfriam. + Temp. Alta UR%<90%

#	Sit.	Sis.	Pnl.	I _A	In _A	P _{CV}
1	OFF	OFF	A	0,0	21,6	15,0
2	OFF	OFF	A	0,0	21,6	15,0

Armazenagem/Grão

Grão	Soja		
Teor umid. %	14,0		
Temp. °C	Mín 18,2	Méd 20,9	Máx 26,6
Estoque sacos	12.844/15.000		

03



ESTUDO DE CASO 2

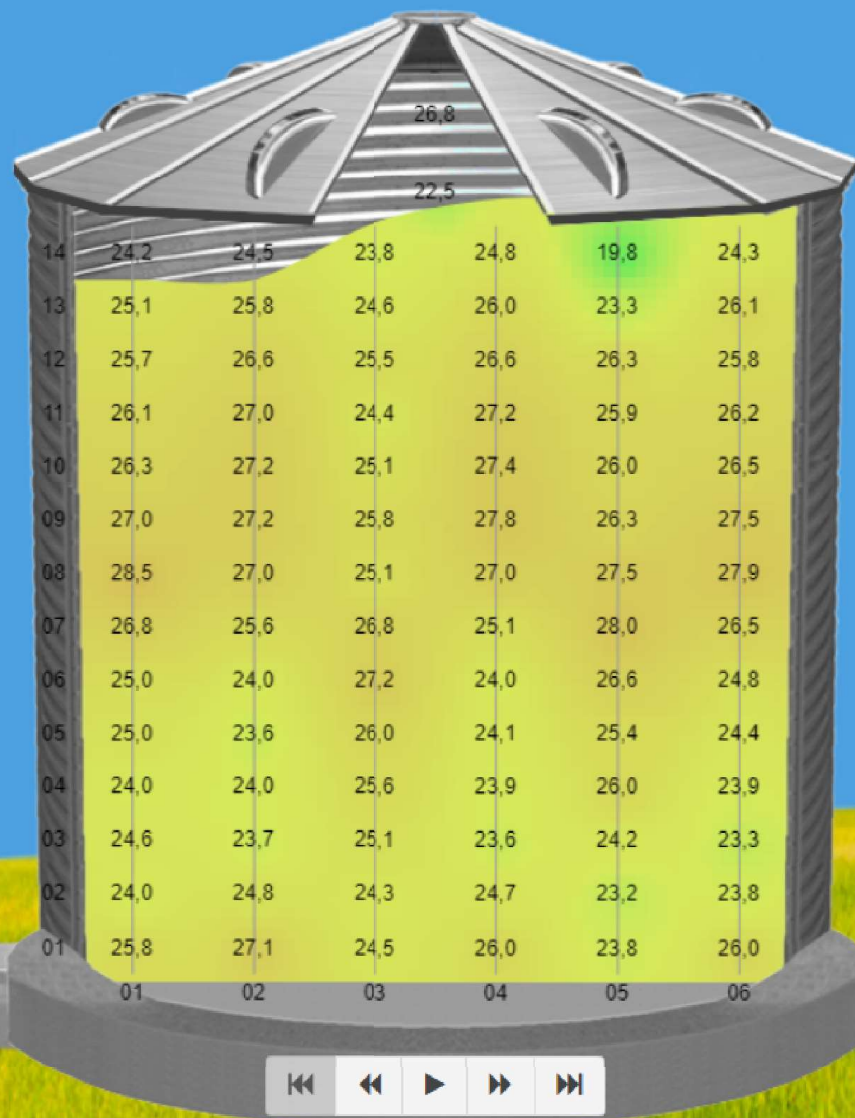


Novas tecnologias para mitigação das perdas

02 - Silo 02



11/05/2018 00:00



Estações Meteorológicas

#	TE °C	UR %	CH mm	EHE %	EH1 %
1	19,1	97,8	0,5	22,2	17,9
3	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Aeradores

Controle: Automático

Prog.: Secagem Arroz

#	Sit.	Sis.	Pnl.	I _A	In _A	P _{cv}
1	OFF	OFF	A	0,0	30,0	20,0

Armazenagem/Grão

Grão	Arroz
Teor umid. %	15,0
Temp. °C	Mín 19,8 Méd 25,5 Máx 28,5
Estoque sacos	47.674/50.000



Normalmente, seria recomendada a aeração?



Novas tecnologias para mitigação das perdas

Silo 2 (Silo 02)

☒ Agrupar aeradores com horários de acionamento semelhantes

10 resultados por página

Pesquisar

Nro	↕	Início	↕	Fim	↕	Tempo	↕
1		10/05/2018 10:03		10/05/2018 17:28		07:25	
1		11/05/2018 10:54		11/05/2018 16:38		05:44	
1		12/05/2018 10:40		12/05/2018 18:13		07:33	
1		13/05/2018 10:48		13/05/2018 17:50		07:02	
1		14/05/2018 10:04		14/05/2018 10:48		00:44	
1		14/05/2018 10:48		14/05/2018 18:19		07:31	
1		16/05/2018 09:17		16/05/2018 20:33		11:16	
1		17/05/2018 09:51		17/05/2018 10:39		00:48	
1		17/05/2018 10:41		17/05/2018 19:13		08:32	
1		21/05/2018 10:36		21/05/2018 12:00		01:24	
Total aerador 1						78:42	
Total de horas no período						78:42	

Mostrando de 1 até 10 de 14 registros

Anterior

1

2

Próximo

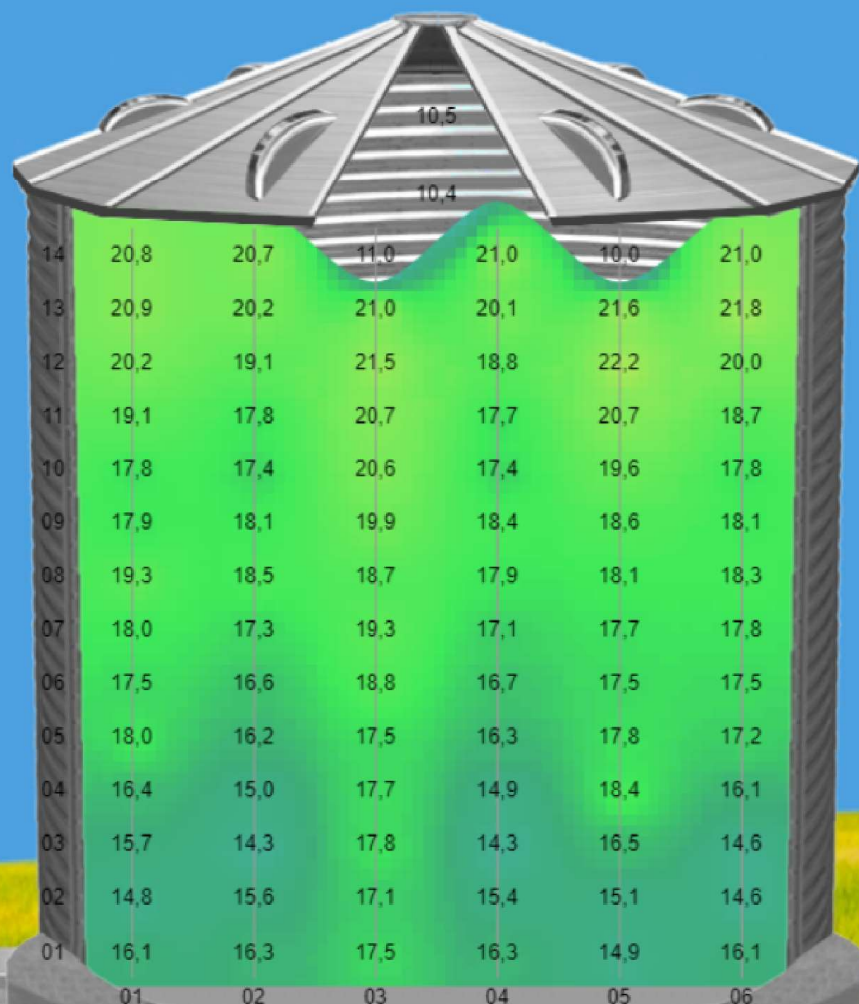


Novas tecnologias para mitigação das perdas

02 - Silo 02



24/05/2018 22:00



Estações Meteorológicas

#	TE °C	UR %	CH mm	EHE %	EHI %
1	7,4	94,6	0,0	21,9	18,5
3	9,2	84,0	0,0	18,4	16,3

Aeradores

Controle: Automático

Prog.: Secagem Arroz

#	Sit.	Sis.	Pnl.	I _A	In _A	P _{cv}
1	OFF	OFF	A	0,0	30,0	20,0

Armazenagem/Grão

Grão	Arroz		
Teor umid. %	15,0		
Temp. °C	Mín 14,3	Méd 18,0	Máx 22,2
Estoque sacos	47.674/50.000		





Novas tecnologias para mitigação das perdas

- Vantagens do sistema de automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais:
 - ❖ Controle do processo de forma remota
 - ❖ Histórico de ações no gerenciamento do processo
 - ❖ Menor gasto de energia (somente quando efetivamente necessária)
 - ❖ Controle do equilíbrio higroscópico do produto (mais pesquisas ...)
 - ❖ Possibilidade de maior controle na secagem do produto pela aeração (cuidados com seca-aeração versus aeração)
 - ❖ Redução nas perdas em quantidade e qualidade (sobra de produto) superior a 1%.



Mitigação de perdas qualitativas e quantitativas:

14% *versus* 13 ou 12%

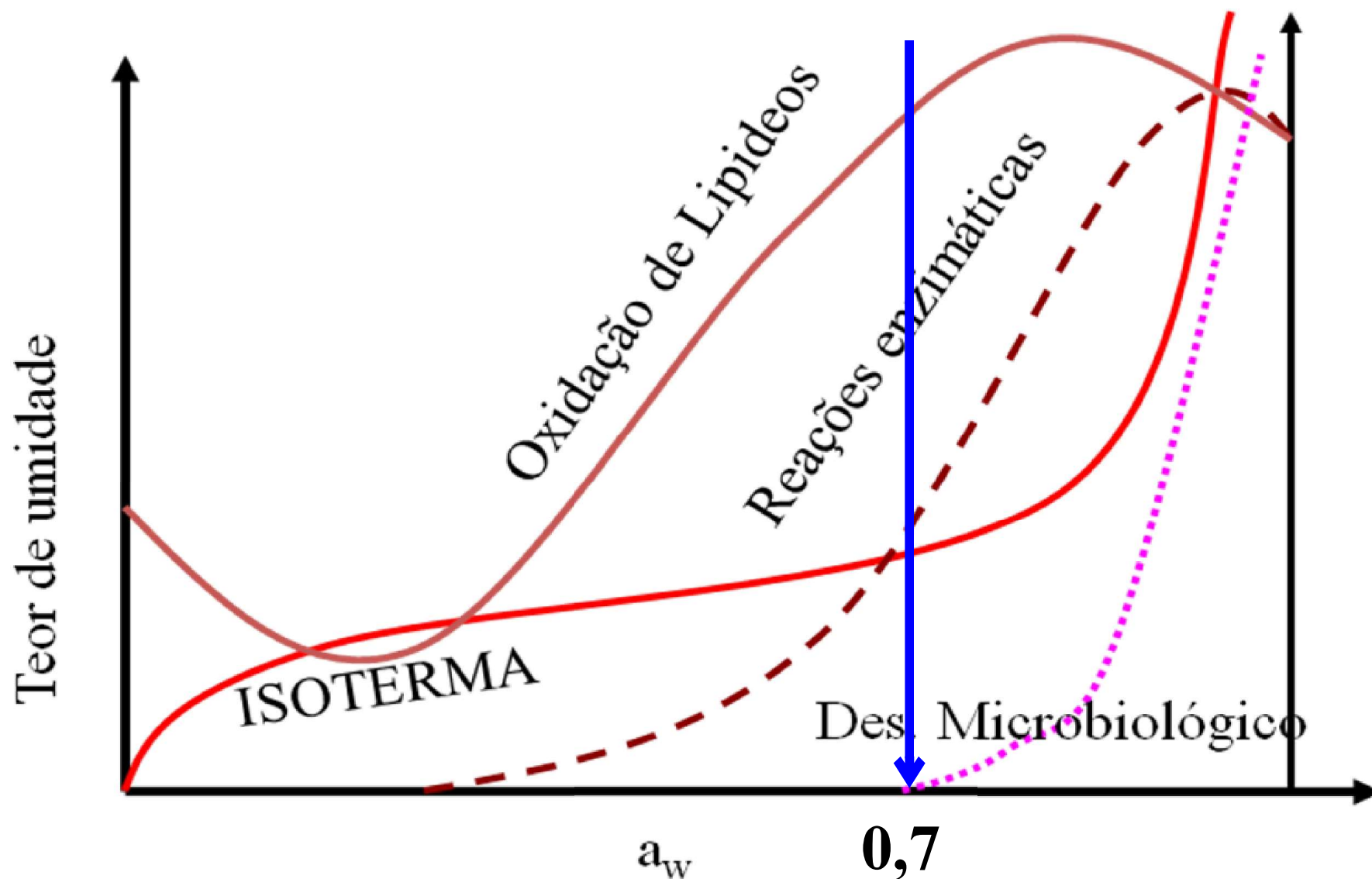


Umidade relativa necessária para o equilíbrio higroscópico de grãos de soja (Modelo de Halsey modificado, ASAE D245.6)

T (°C)	Teor de água (% b.u.)		
	14,0	13,0	12,0
5	69,4	66,3	62,7
10	70,1	67,0	63,5
15	70,7	67,7	64,3
20	71,4	68,4	65,0
25	72,0	69,1	65,8
30	72,7	69,8	66,5
35	73,3	70,5	67,3
40	73,9	71,2	68,0



Novas tecnologias para mitigação das perdas





Novas tecnologias para mitigação das perdas

Condensação: Gotejamento de água





Novas tecnologias para mitigação das perdas

Efeitos da Condensação: Germinação sobre a Massa de Grãos





Novas tecnologias para mitigação das perdas



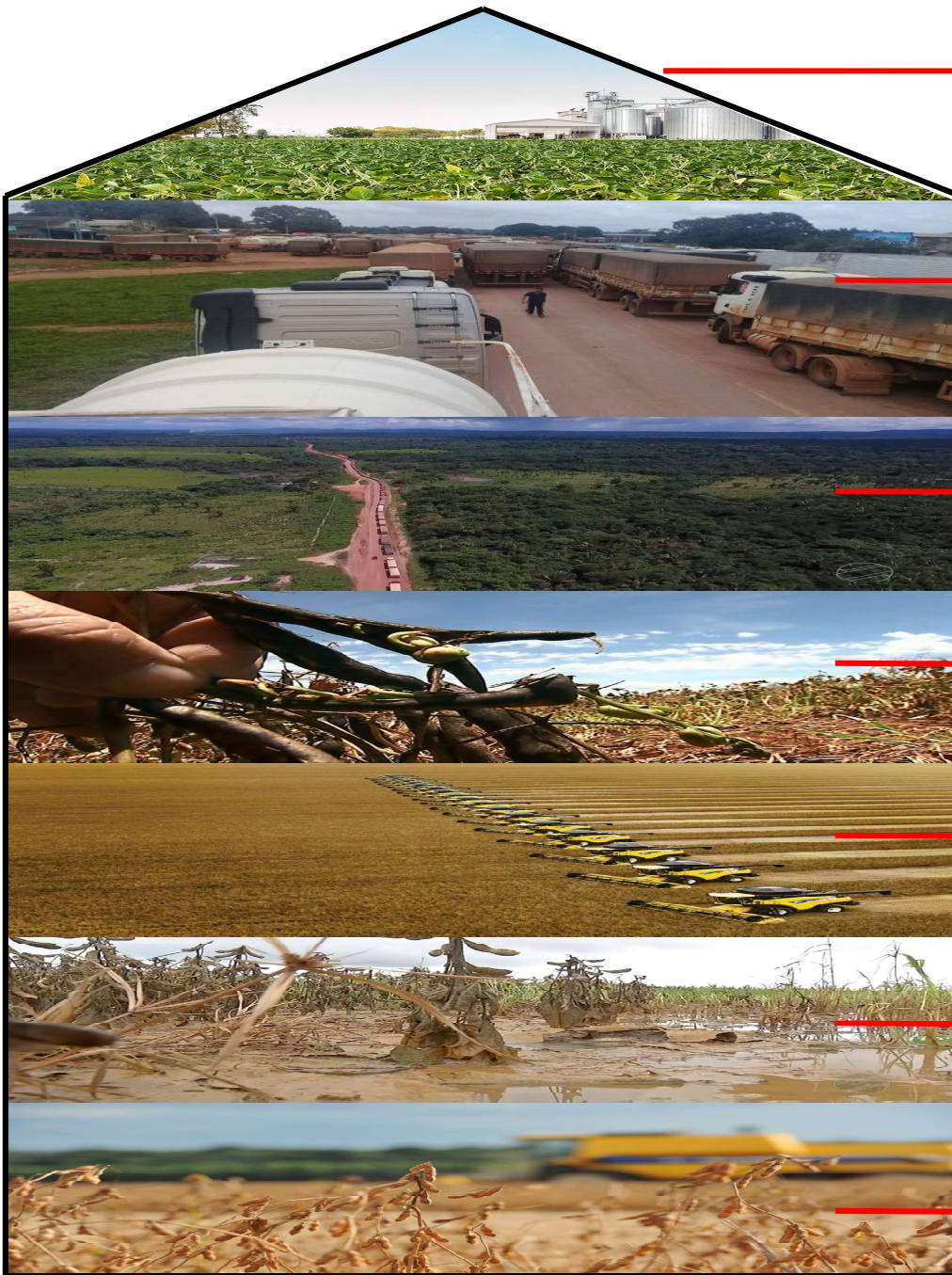


Novas tecnologias para mitigação das perdas





Novas tecnologias para mitigação das perdas



Produtor rural X1/área X1; Variedade X1;
 $U = 14,5$; PH: 725 kg m^{-3} ; Sem secagem

Produtor rural X2/área X2; Variedade X2;
 $U = 15,5$; PH: 685 kg m^{-3}
Secagem de 21 p/ 15,5%

Produtor rural X3/área X3; Variedade X3;
 $U = 15,8$; PH: 690 kg m^{-3}
Secagem de 27 p/ 15,8%

Produtor rural X4/área X4; Variedade X1;
 $U = 16,5$; PH: 625 kg m^{-3} ; Sem secagem



Produtor rural Xn/área Xn; Variedade Xn;
 $U = 17,5$; PH: 605 kg m^{-3} Sem secagem



AGRICULTURA 4.0





➤ Pós-colheita e seus desafios:

- ✓ Identificação e redução de todos os pontos de perdas (não só em parte);
- ✓ Tecnologia e constantes melhorias (agricultura 4.0);
- ✓ Gerenciamento eficiente da aeração;
- ✓ Domínio e correta aplicabilidade do fenômeno de higroscopia
- ✓ Incentivo a pesquisa

I SEMINÁRIO SOBRE

EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL



Realização:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Apoio:



MUITO OBRIGADO



ANDRÉ LUÍS DUARTE GONELI

Eng. Agrônomo, Doutor em Eng. Agrícola

Professor Associado UFGD / FCA

Área de Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas

Tel. (67) 3410-2407 / 98126-5410

**Email: andregoneli@ufgd.edu.br
andregoneli@gmail.com**



**Universidade Federal
da Grande Dourados**



**GRUPO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PÓS-COLHEITA
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS
FCA / UFGD**



LAPREP
LABORATÓRIO DE PRÉ-PROCESSAMENTO E
ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS
FCA/UFGD