



Revendo a agricultura de precisão na cana-de-açúcar

José P. Molin
ESALQ/USP
jpmolin@usp.br


Laboratório de Agricultura de Precisão
www.agriculturadeprecisao.org.br



As duas grandes vertentes da AP:

- Variabilidade espacial
 - Investigação e mapeamento (amostragens, sensores, SIG)
 - Gestão (uso de insumos localizados e em taxas variáveis)
- Tecnologias relacionadas a GPS
 - Piloto automático, telemetria, controle de tráfego, automações como o controle automático de seções, etc... (“automação das máquinas”)

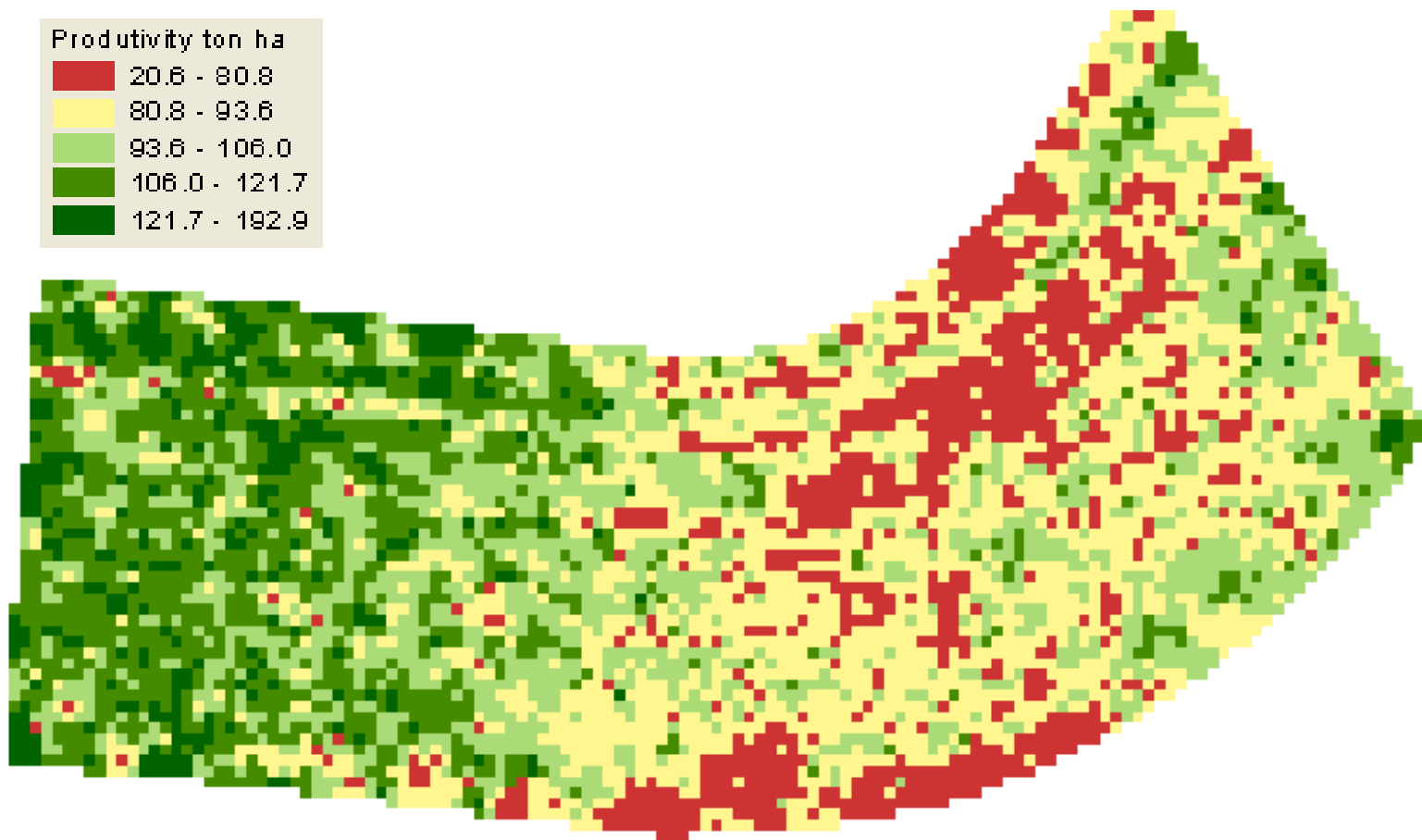
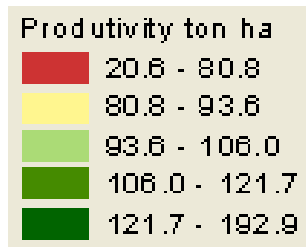
As duas grandes vertentes da AP:

- Variabilidade espacial
 - Investigação e mapeamento (amostragens, sensores, SIG)
 - Gestão (uso de insumos localizados e em taxas variáveis)
- Tecnologias relacionadas a GPS
 - Piloto automático, telemetria, controle de tráfego, automações como o controle automático de seções, etc... (“automação das máquinas”)

O que é Agricultura de Precisão (aquela da variabilidade espacial)?

AP é gerenciar o sistema considerando que **as lavouras não são uniformes.**

Cana



AP - uma definição simples:

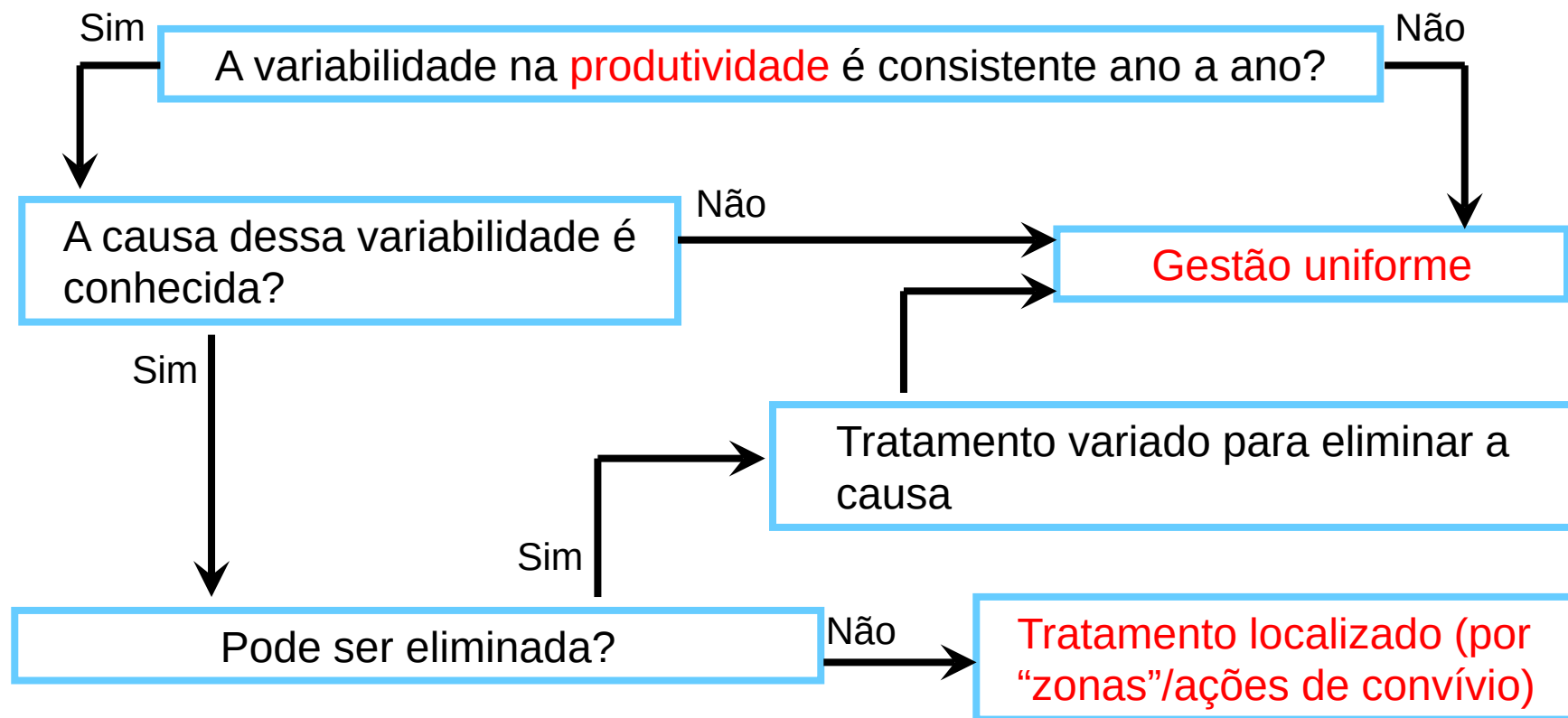
... é **gerenciar** o sistema de produção **considerando a variabilidade** espacial e temporal das lavouras...

...e **tirar proveito** (econômico, ambiental) dessas desuniformidades...

...sempre que elas forem relevantes.

agricultura com mais precisão = errar menos

Árvore de decisão para a gestão da variabilidade espacial



Adamchuk (2016)

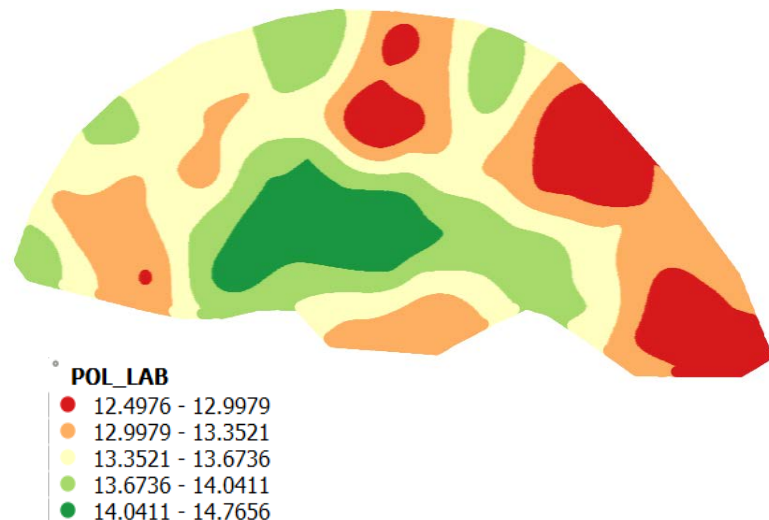
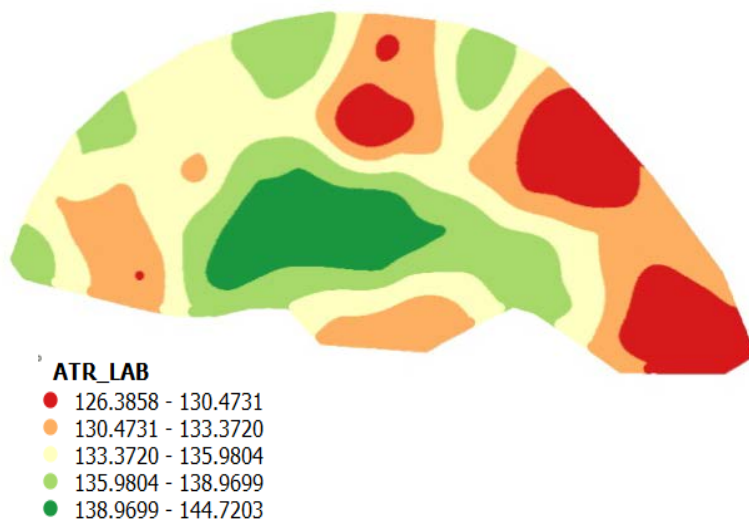
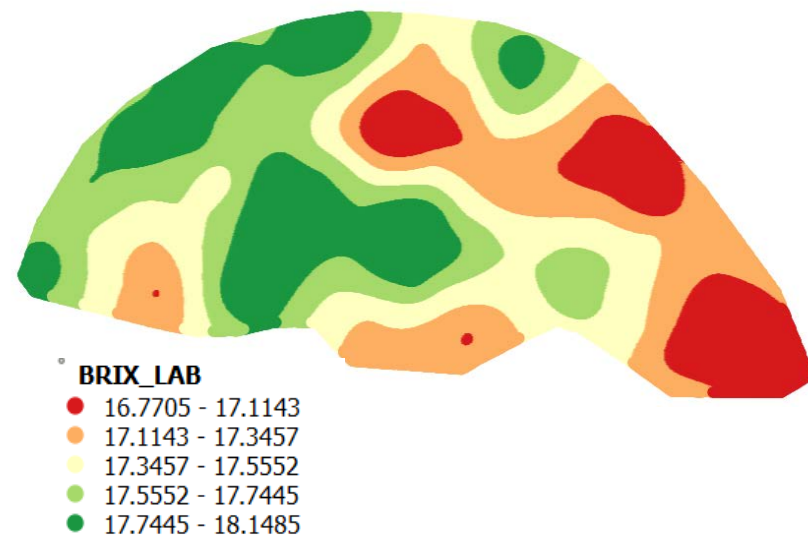
Objetivos

- ✓ Otimizar (reduzir?) o uso de insumos
- ✓ Aumentar a produtividade
- ✓ Otimizar a qualidade do produto

Variabilidade de ATR, BRIX e POL em cana

16,6 ha

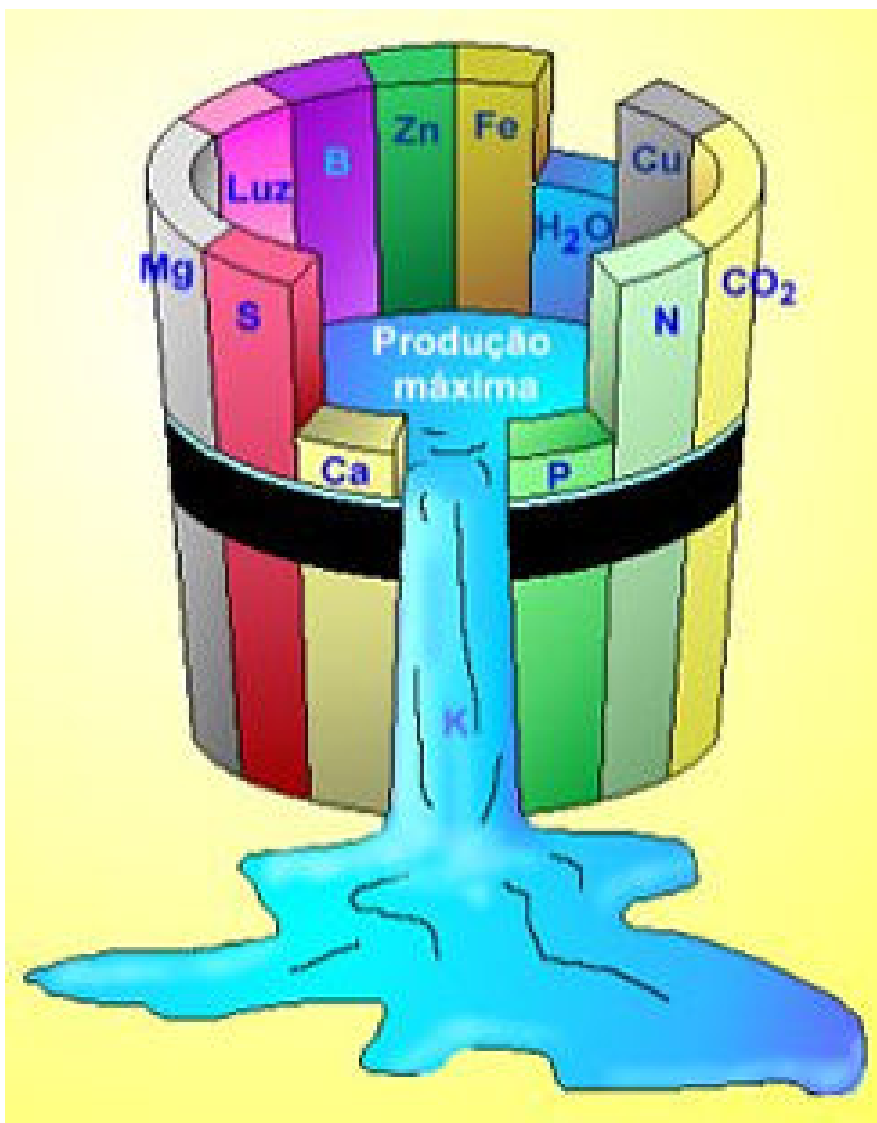
91 amostras (5,4/ha)



Ferraz, 2015

Objetivos

- ✓ Otimizar (reduzir?) o uso de insumos
- ✓ Aumentar a produtividade
- ✓ Otimizar a qualidade do produto
- ✓ Melhorar a qualidade das operações
- ✓ Aumentar a lucratividade
- ✓ Minimizar impactos ambientais



Lei de Liebig (dos Mínimos) ampliada e georreferenciada que visa regularizar os teores no solo ...

mas a própria Lei dos Mínimos tem sido restrita à química do solo!

Outros fatores de produção devem ser lembrados:

compactação do solo
pragas
doenças
invasoras
qualidade das operações
danos e falhas

...

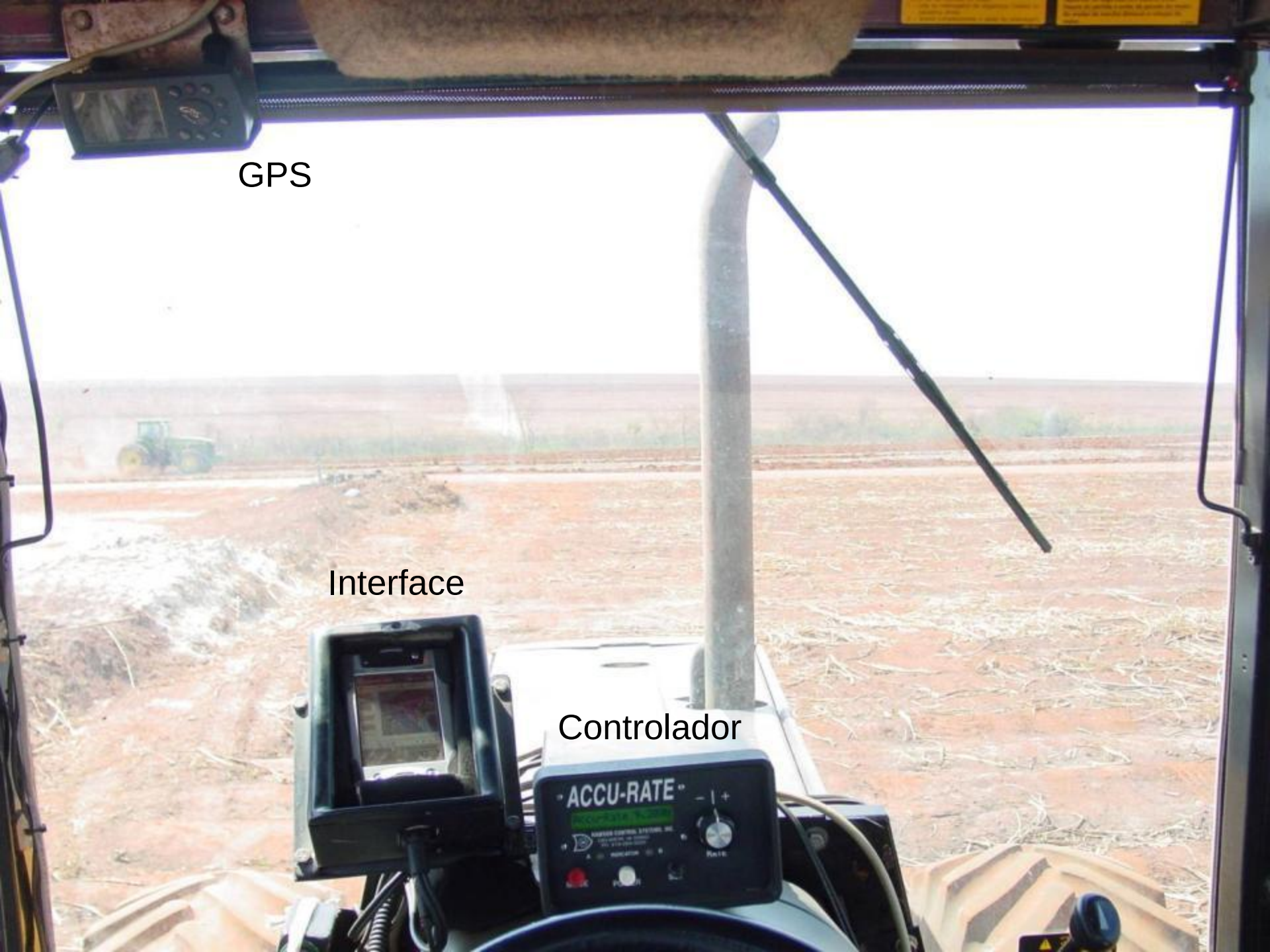




CASA DO PEÇADO
(031) 395-6333

NEVOEIRO

10.006 STA



GPS

Interface

Controlador

ACCU-RATE



SILVA, M.A.S., 2006

NPK

Em taxa variavel.



LIMA, E.A., 2006

Usina Rio Paila/Colombia (2008)



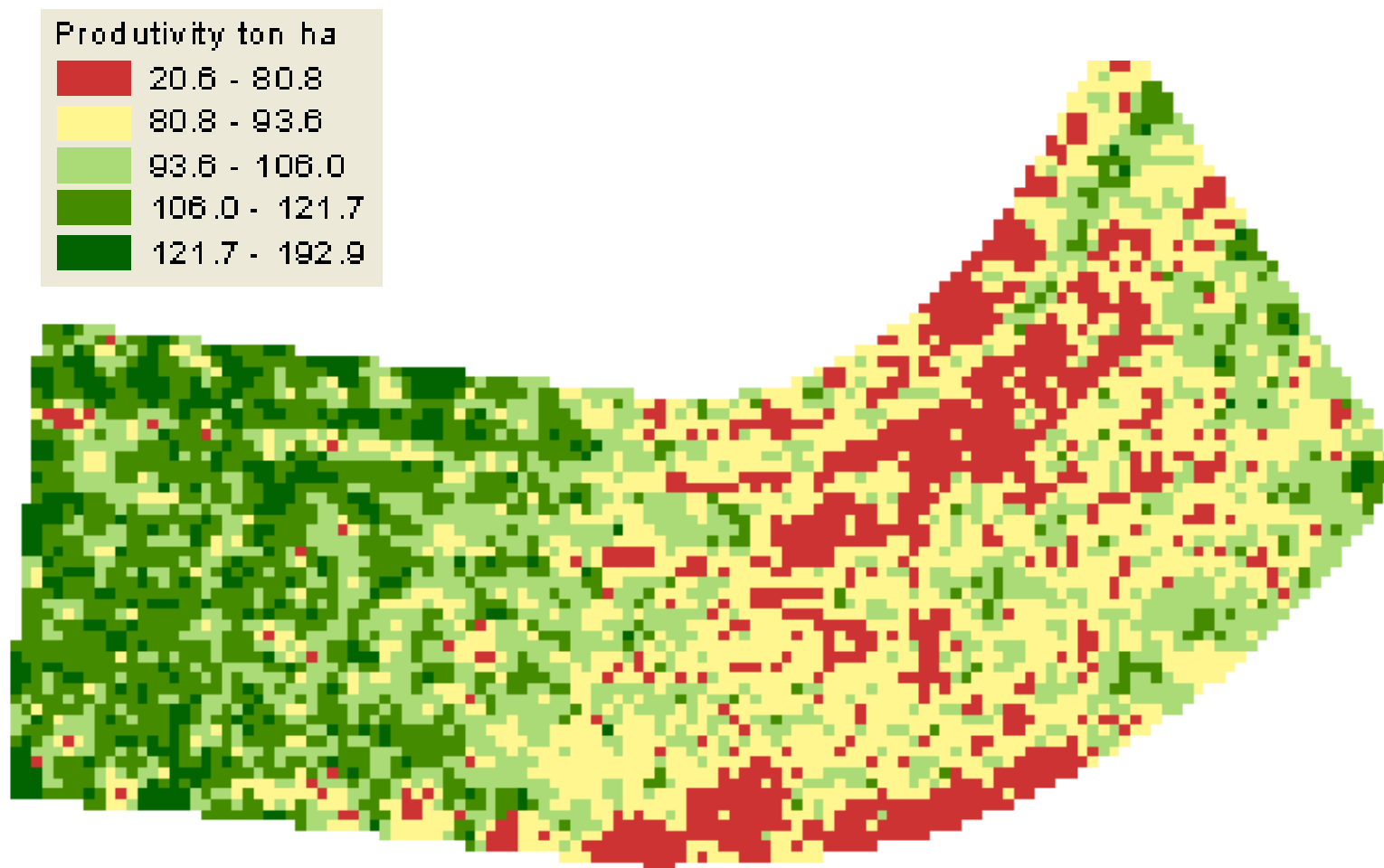




Mas AP não é só isso!

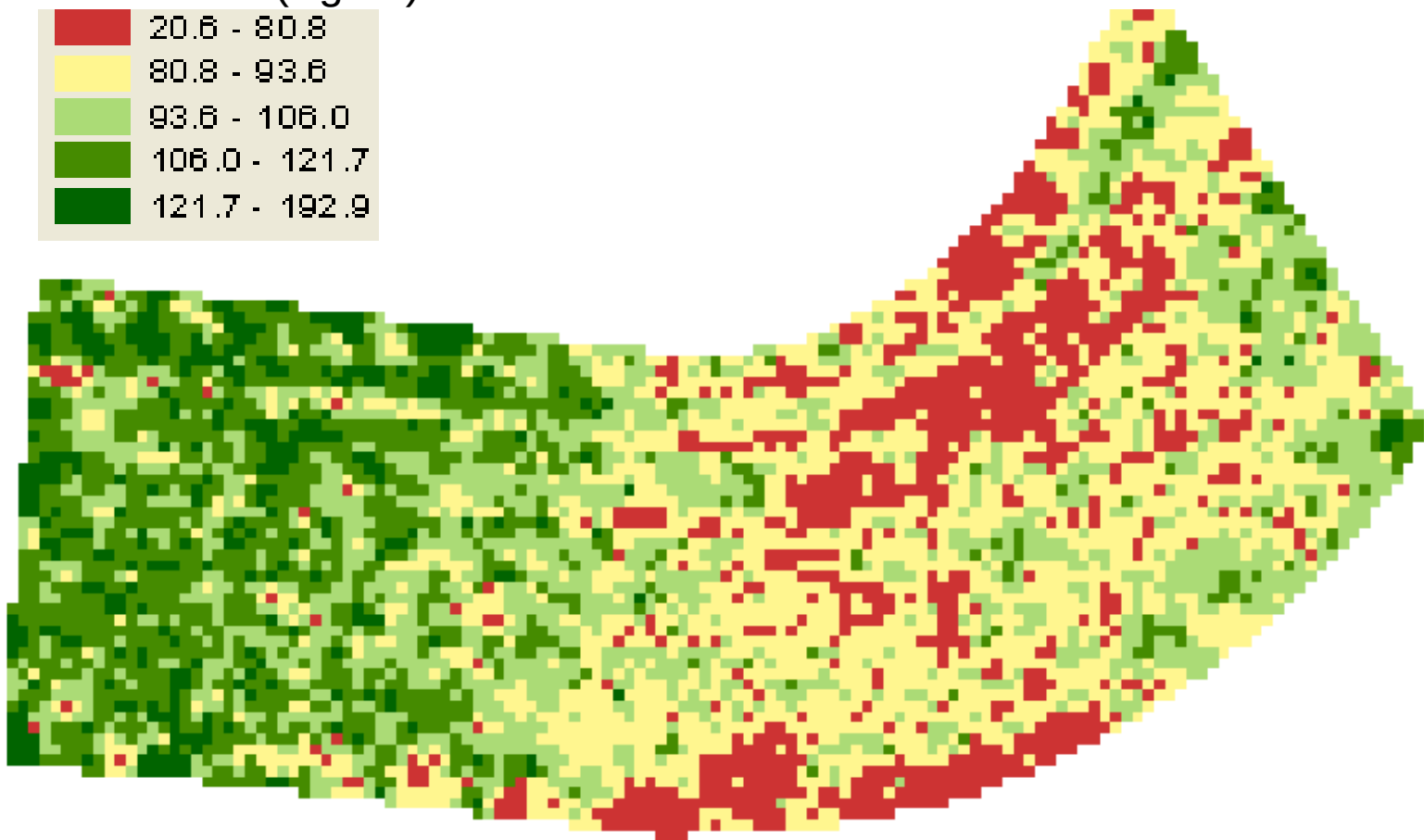
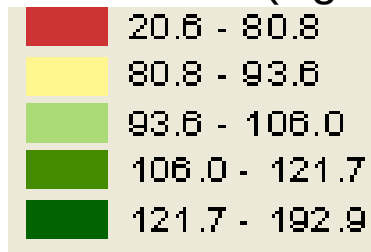
Mapa de Produtividade/Recomendação de N

Recomendação de dose de N – 1,0 kg/ton



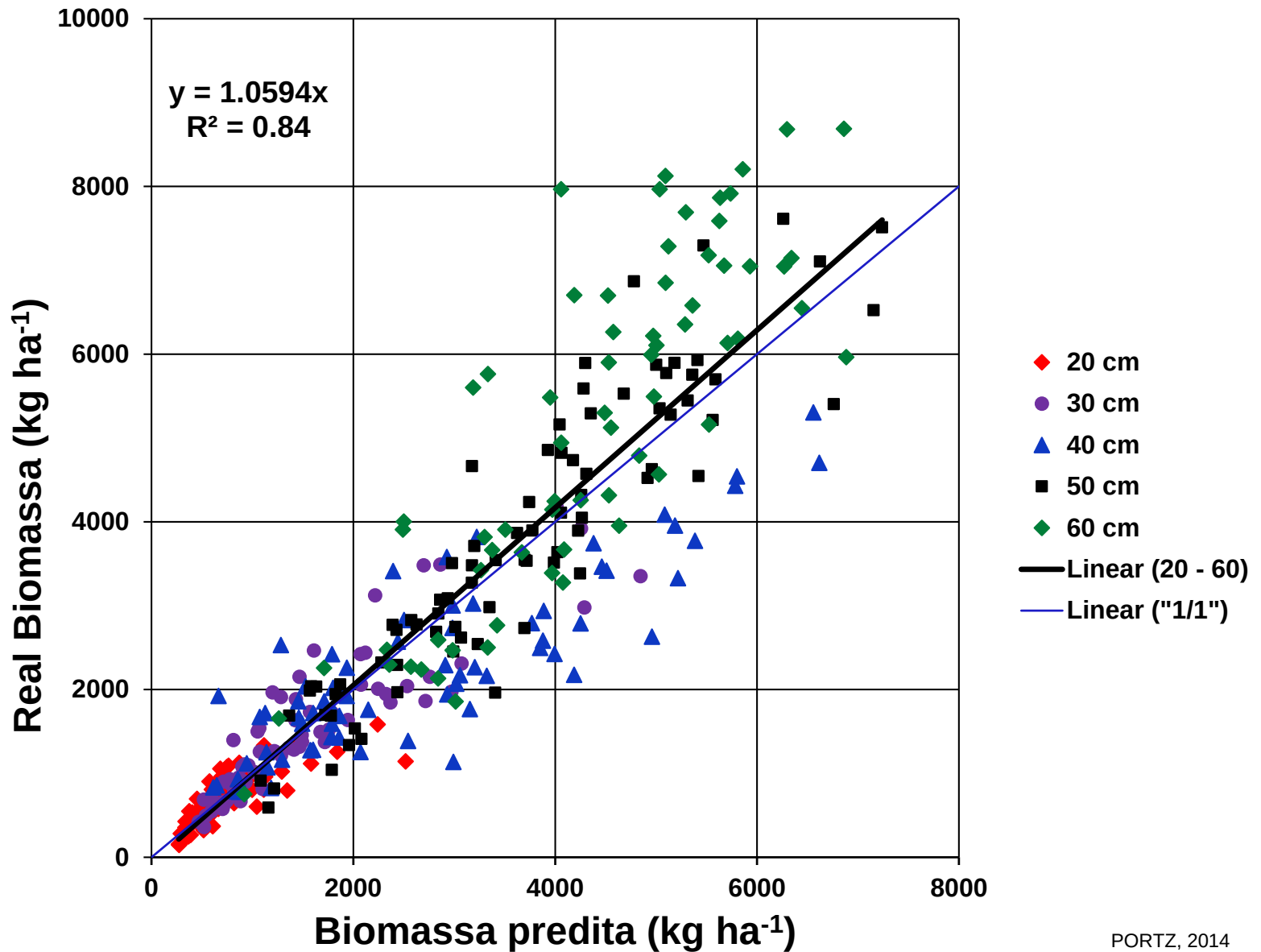
Mapa de Recomendação de N

Doses de N (Kg/ha)



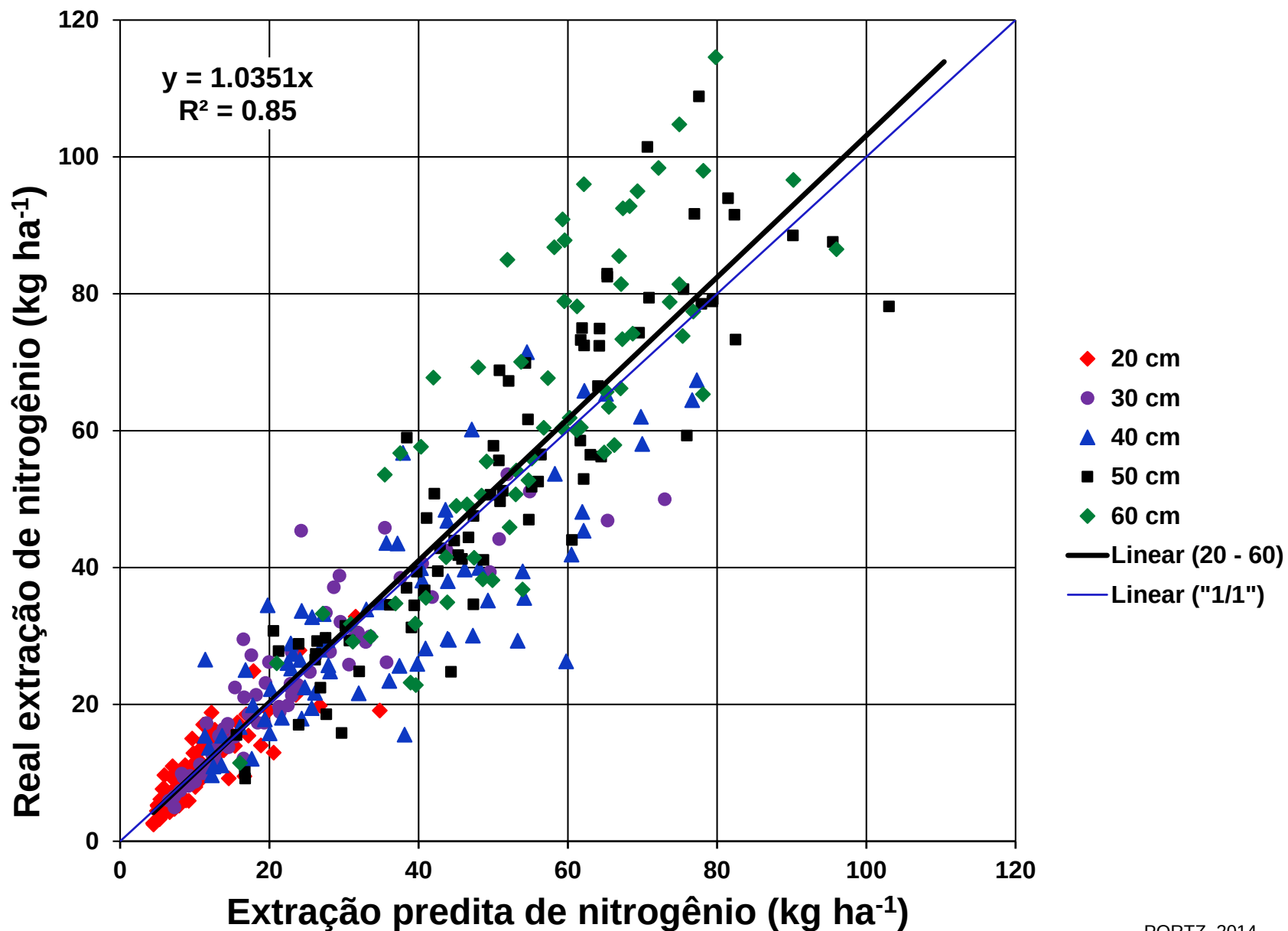


Biomassa predita versus real para 2009/10 e 2010/11



PORTZ, 2014

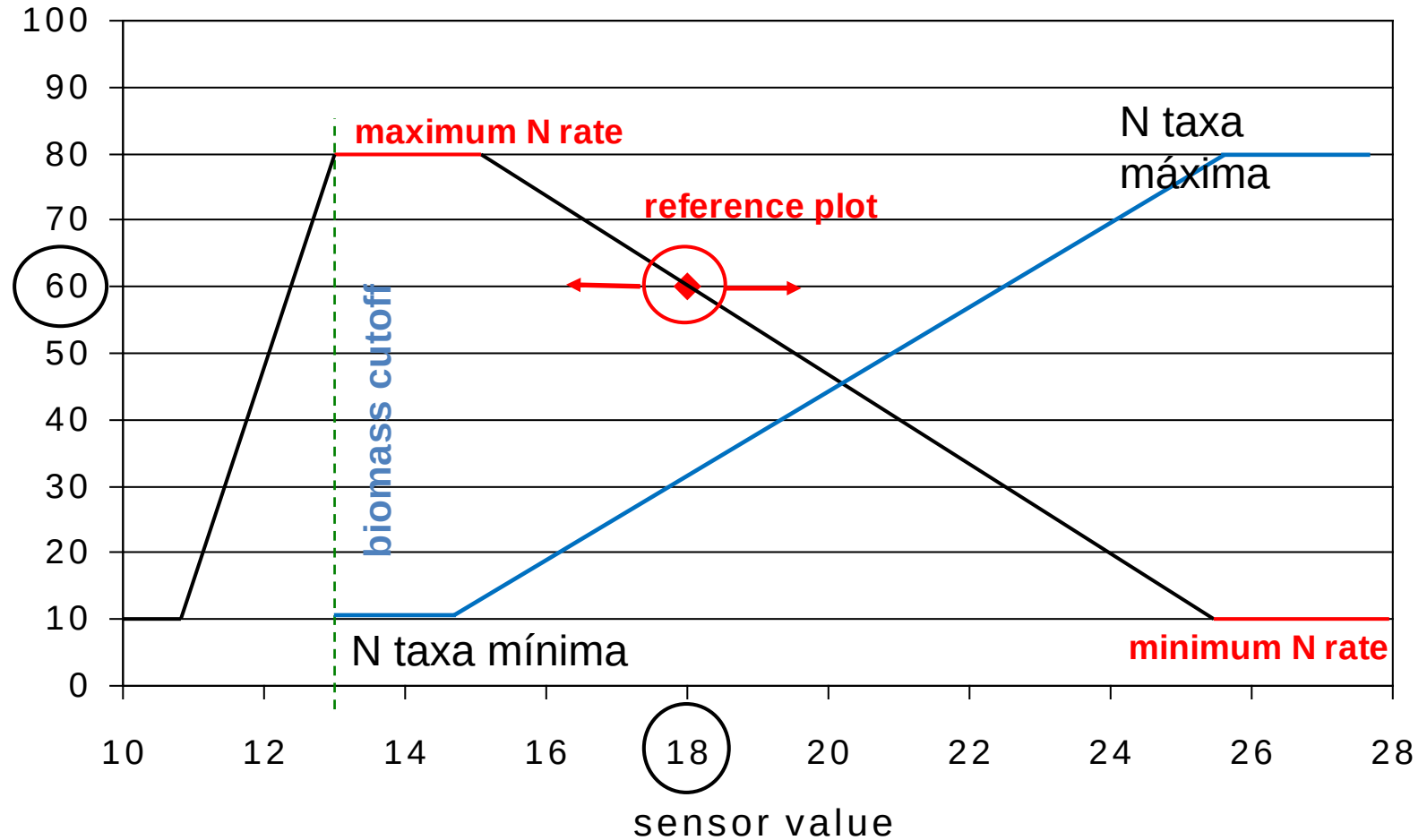
Nitrogênio predito versus real para 2009/10 e 2010/11



PORTZ, 2014

Objetivo final

N application rate (kg N/ha)



Fonte: Yara

A questão da resolução espacial

Temos tecnologia para trabalhar com o “pixel”?

Para alguns atributos sim!

Qual a alternativa para os demais?

sensores

“Zonas de Manejo”

Unidades de gestão diferenciada (UGD)

São áreas delimitadas, dentro de um talhão, com mínima variabilidade interna.

Mínima variabilidade dentro das UGD

Diferenças (variabilidade) entre as UGD

Os indicadores podem ser únicos ou, preferencialmente, compostos:

Plantas

- produtividades
- vigor das culturas (biomassa) a partir de Índices de Vegetação

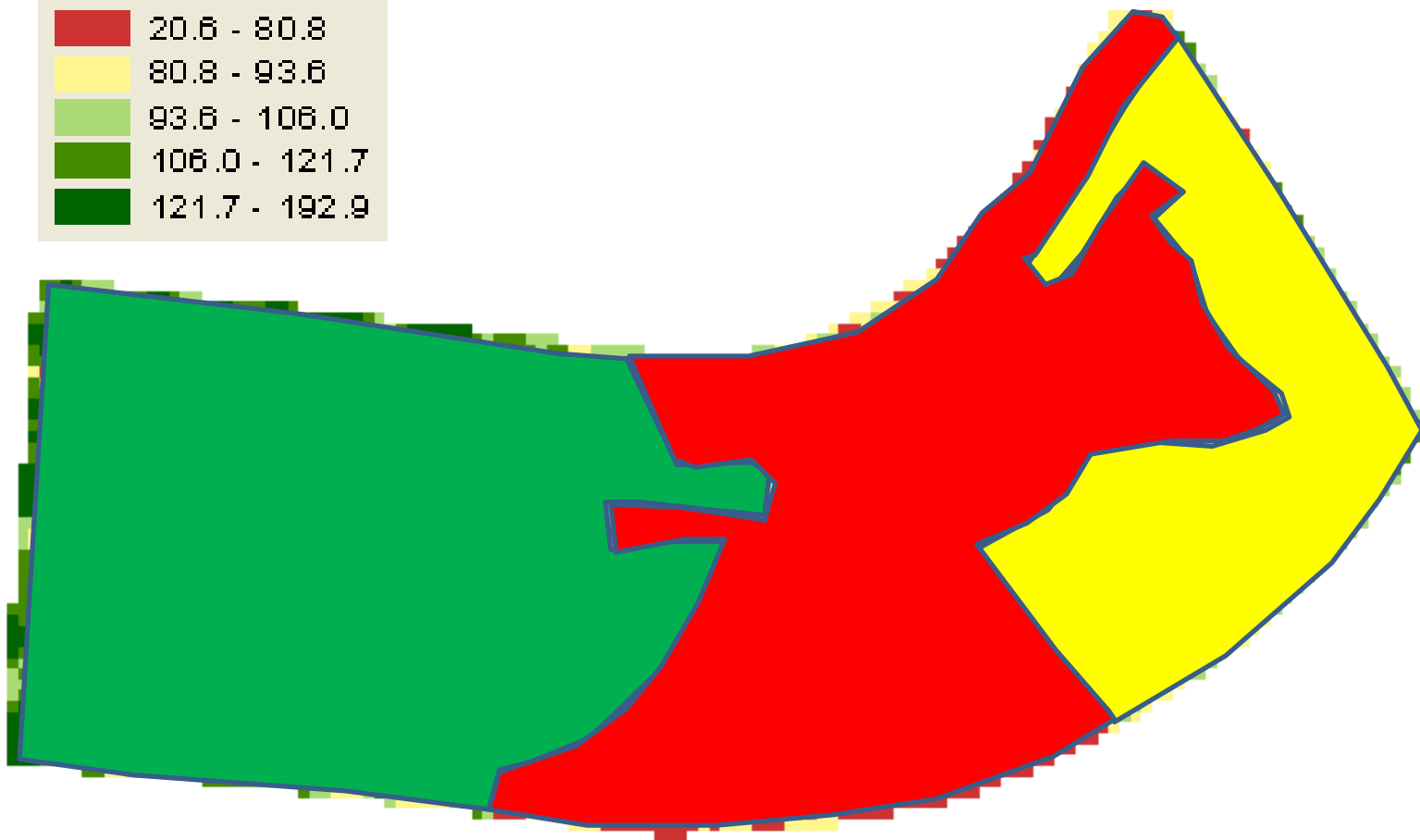
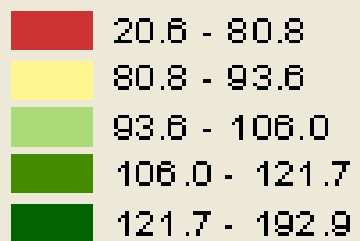
Solo

- condutividade elétrica do solo
- relevo
- pedologia

- conhecimento intrínseco (do agricultor ou...)

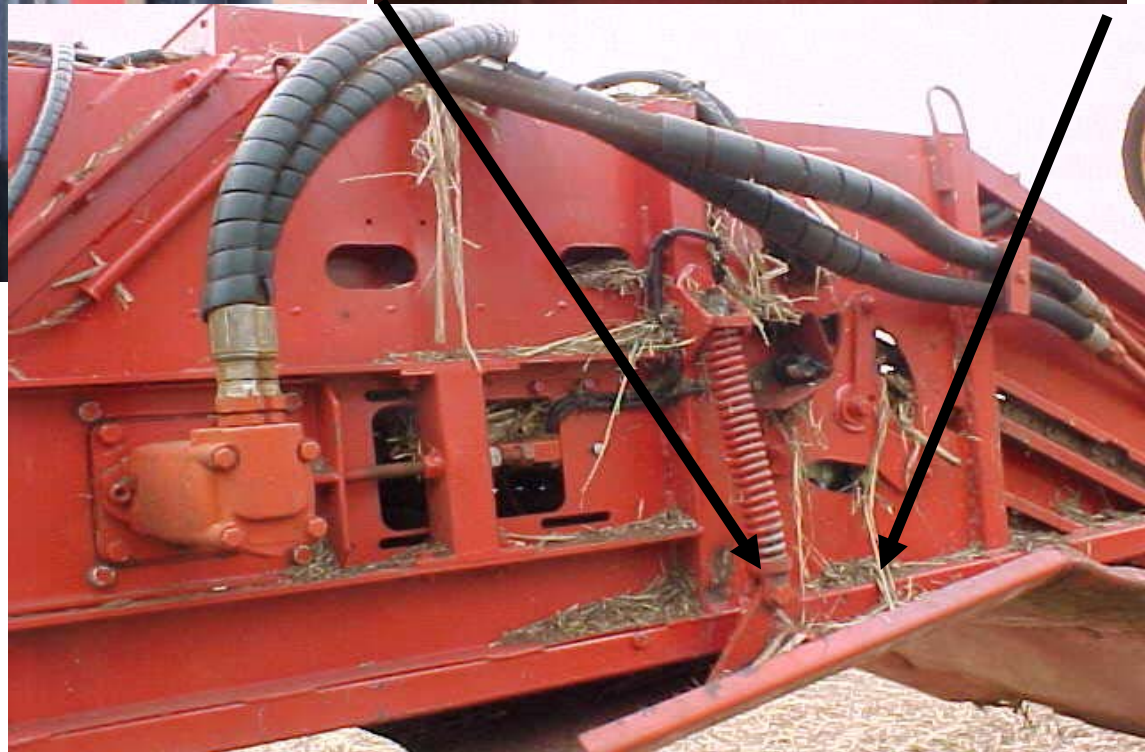
Mapa de Produtividade

Produtivity ton ha



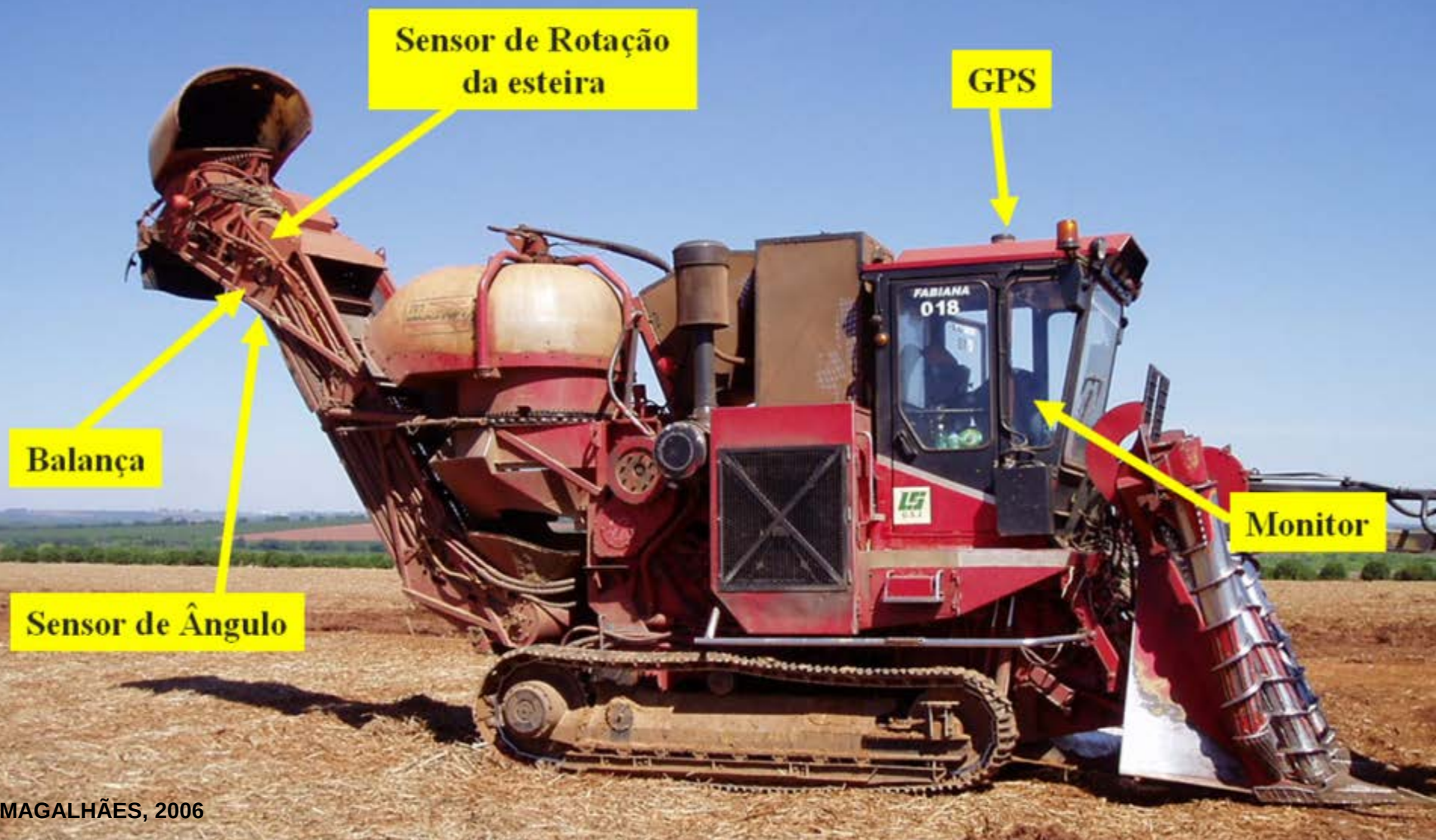
Mapeamento da produtividade



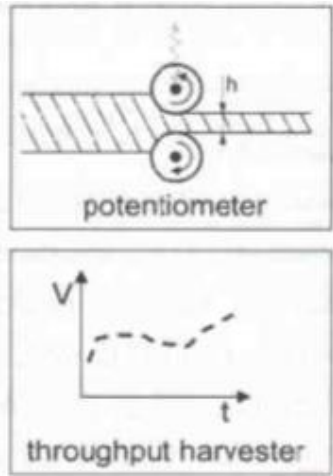
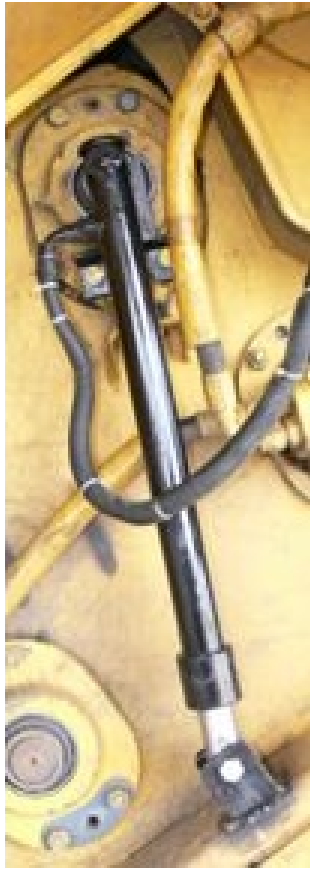


Monitor de produtividade
tipo balança (2002)

Monitor de produtividade tipo balança (2006)



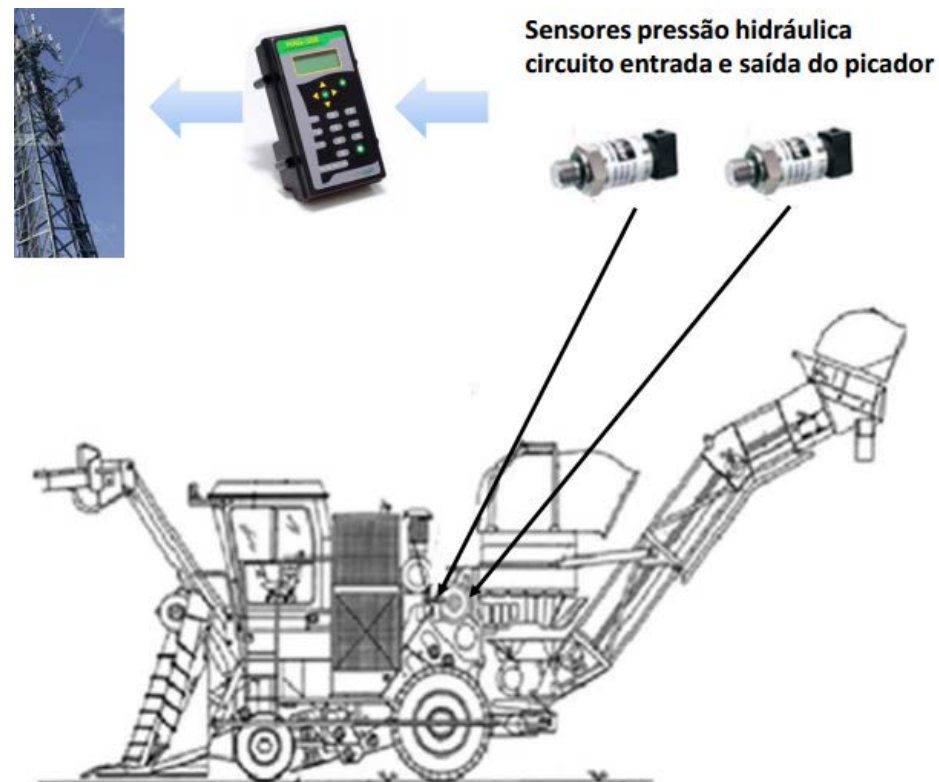
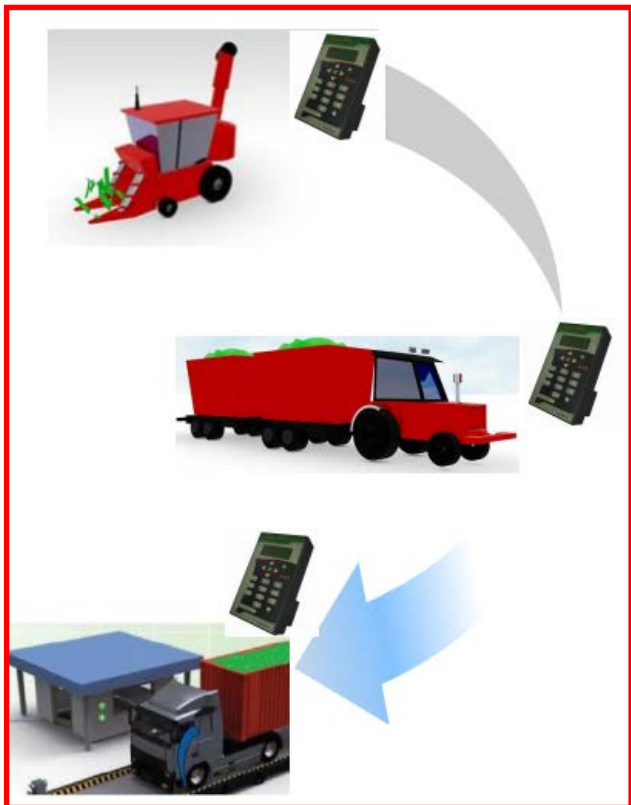
MAGALHÃES, 2006



Monitor de produtividade (volumétrico, 2009)

HAPPICH et al., 2009

Tech-Agro (Solinftec)



NOTÍCIAS

encontre notícias no portal

busca



e-mail



RSS



Twitter



ABTV



revista



mobile

26/03/2015 14h05

receber notícias por email | indique esta notícia | tamanho da fonte a- A+

Máquinas

Case IH lança monitor de produtividade

Aparelho fornecerá dados de colheita em tempo real para operador

REDAÇÃO AB

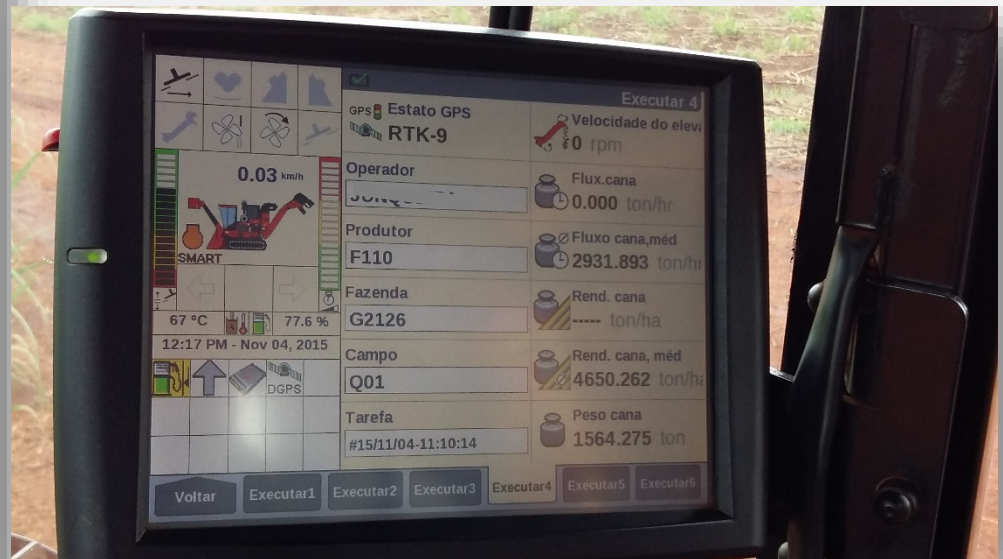
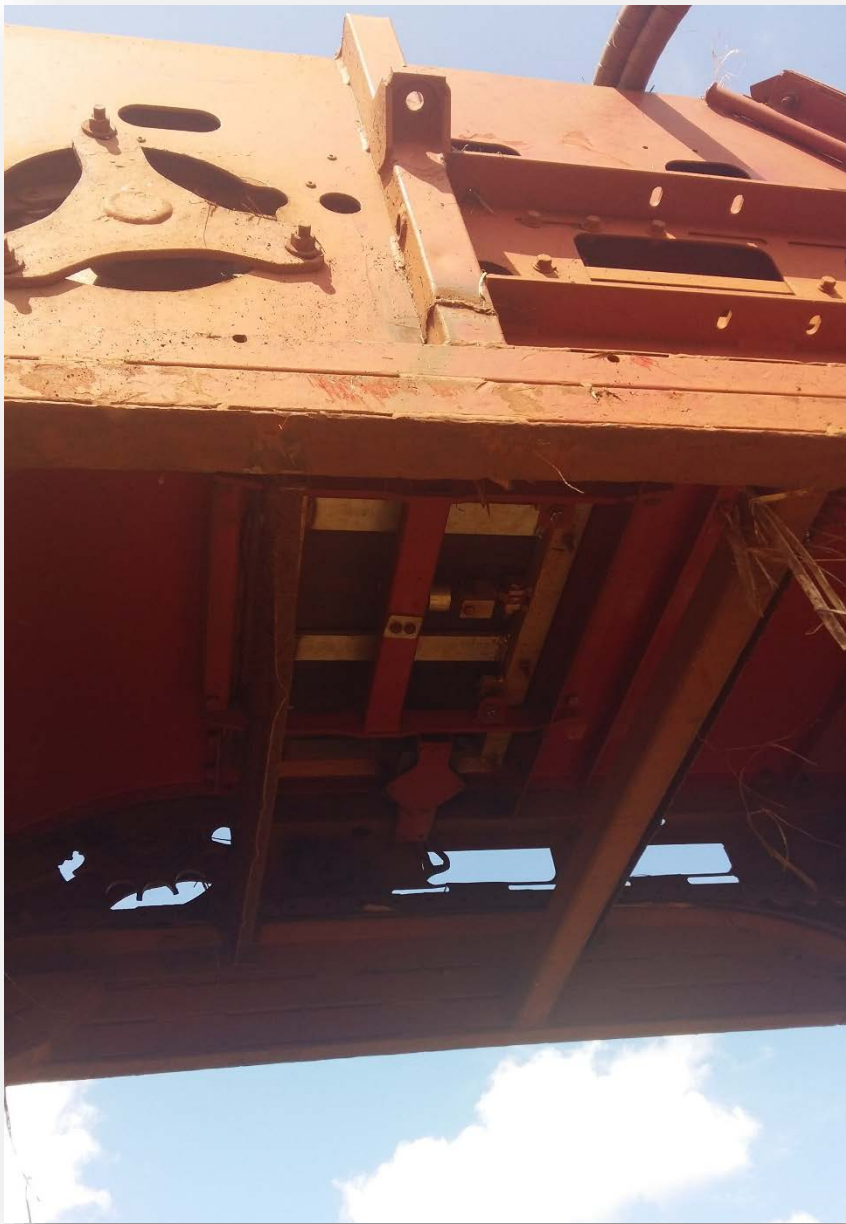


A **Case IH**, da CNH Industrial, lança o **monitor de produtividade**, aparelho destinado a produtores do setor canavieiro que fornecerá aos operadores de colheitadeiras dados em tempo real sobre a colheita. O dispositivo é para uso específico das colhedoras da série A8000.

Projetado especificamente para a cultura de cana-de-açúcar, o monitor irá fornecer informações específicas em mapas de produtividade e será eficiente para análise, manutenção e prevenção da cultura canavieira.

Segundo Fábio Balaban, responsável pelo marketing da Case IH, o produto segue a linha tecnológica da empresa e tem foco na eficiência energética. "Essa é uma tecnologia que gera informações precisas sobre a produção de cada talhão do canavial", conta. De acordo com Balaban, o sistema informa toneladas de cana por hectare, hora ou até por variedade colhida. "Tudo no decorrer da colheita", afirma o executivo.

O sistema utiliza células de carga como instrumento de medição do peso da matéria-prima colhida e mensura também o fluxo de cana que passa pela esteira antes de ser lançada ao



Sistema Case (CNH), novembro 2015

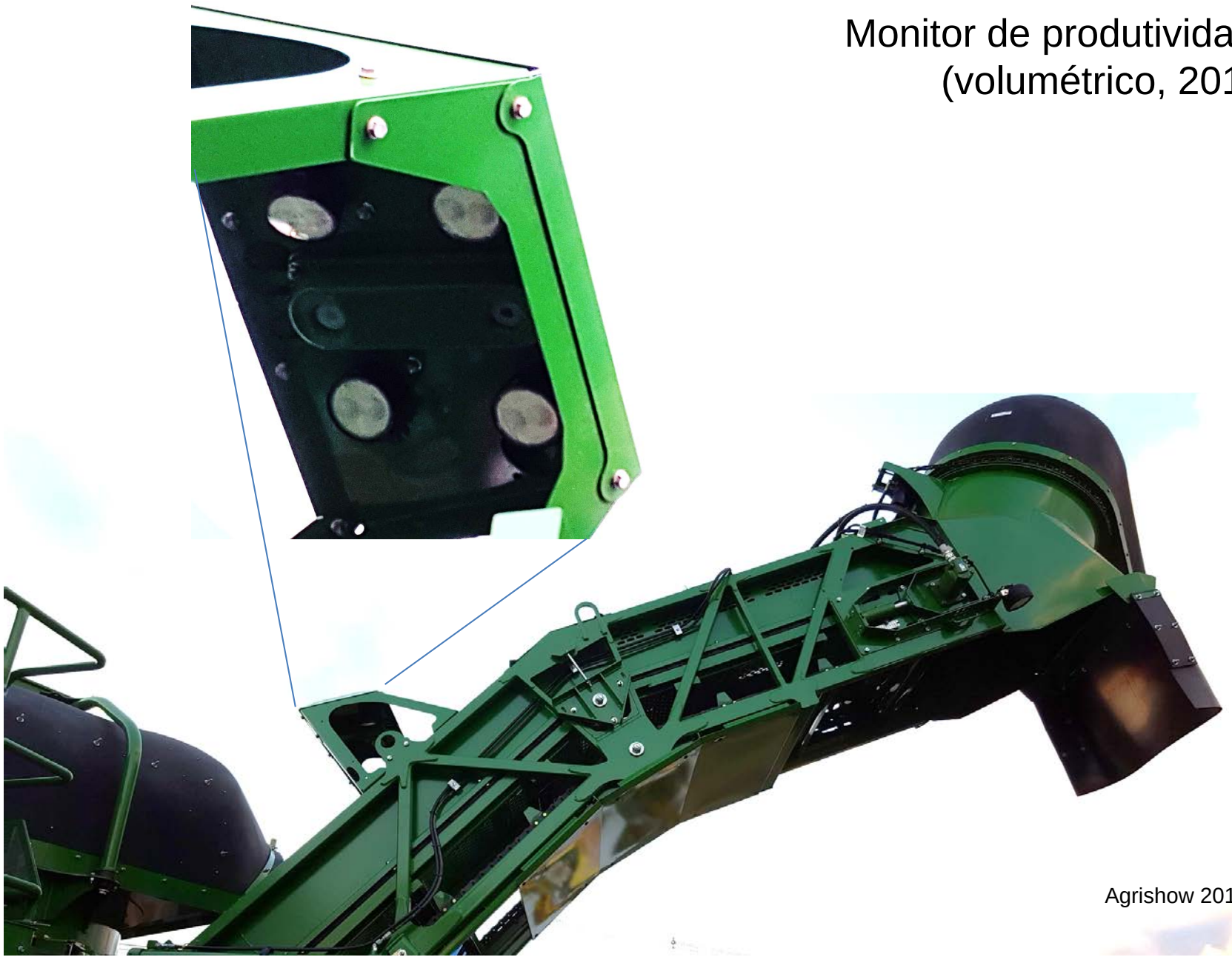
Monitor GreenTronics



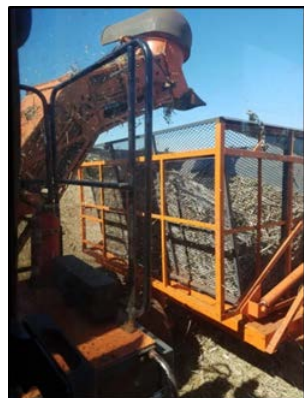
Monitor para tubérculos canadense e comercializado na Austrália para cana (2016)

MAGALHÃES, 2016

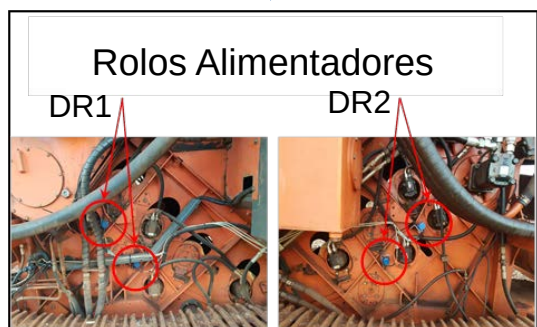
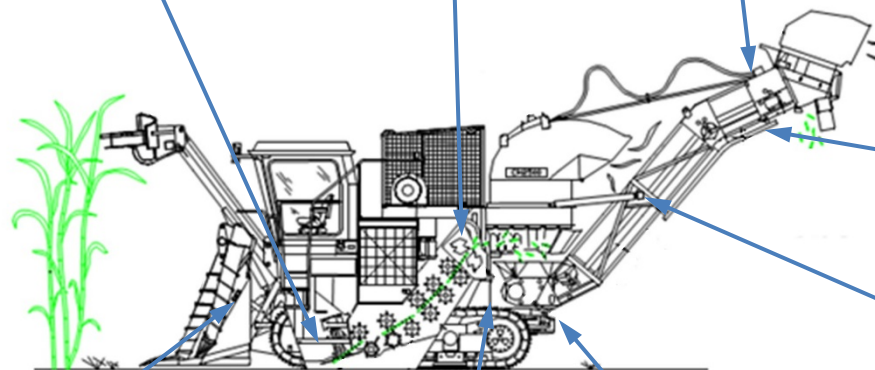
Monitor de produtividade (volumétrico, 2017)



Agrishow 2017



Transbordo –
Balança – MT

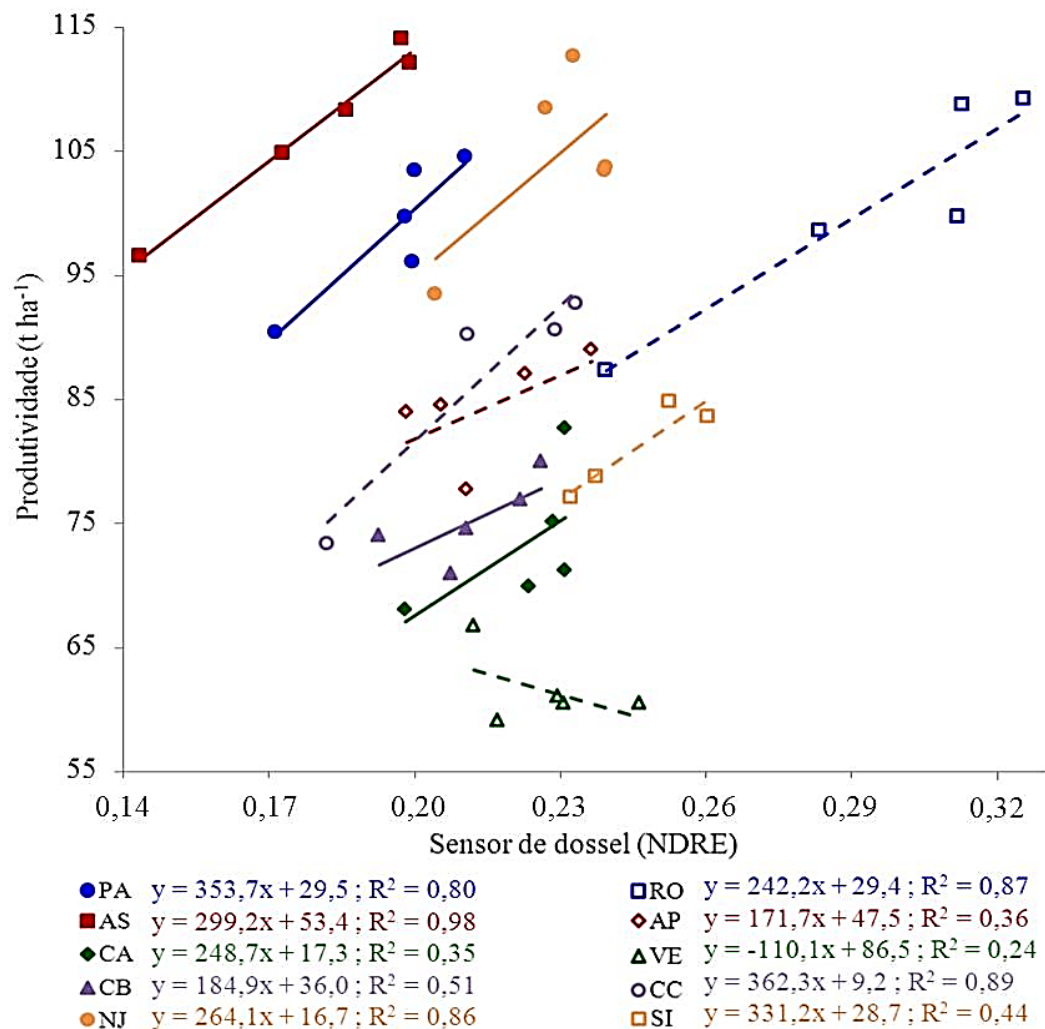


Modelos de Redes Neurais Artificiais - RNA

Modelo	Correlação r	R^2 ajustado	RMSE (kg s ⁻¹)	RE (%)
RNA-1	0,987	0,974	0,287	0,73
RNA-2	0,975	0,952	0,413	0,82
RNA-3	0,957	0,917	0,522	2,38
RNA-4	0,966	0,933	0,460	1,27
RNA-5	0,955	0,911	0,528	1,00
RNA-6	0,970	0,942	0,425	1,62
RNA-7	0,933	0,870	0,671	1,21
RNA-8	0,946	0,894	0,568	1,23
RNA-9	0,937	0,878	0,610	2,45

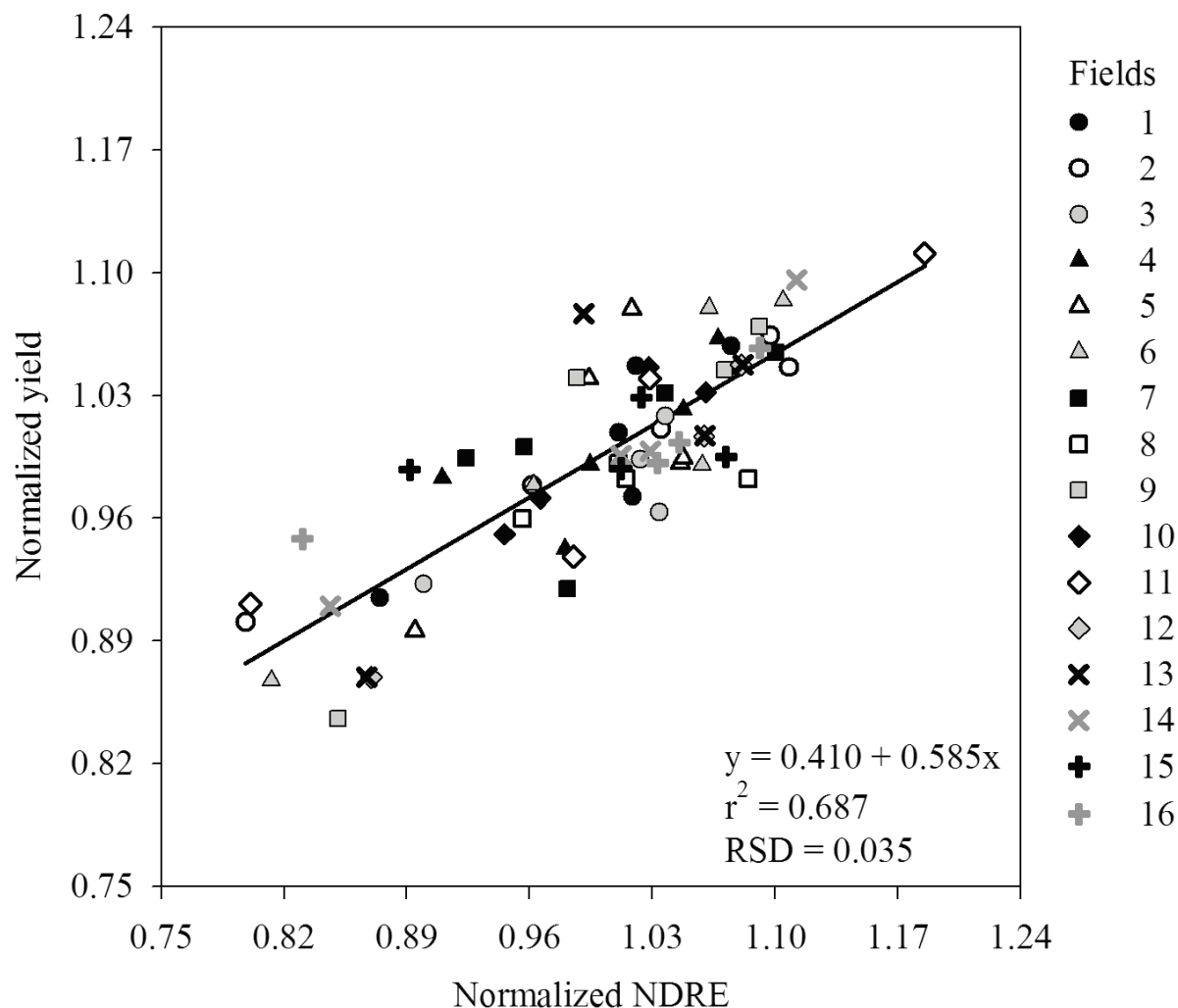
Biomassa e produtividade

Relação das leituras do sensor com a produtividade da cana



AMARAL, 2014

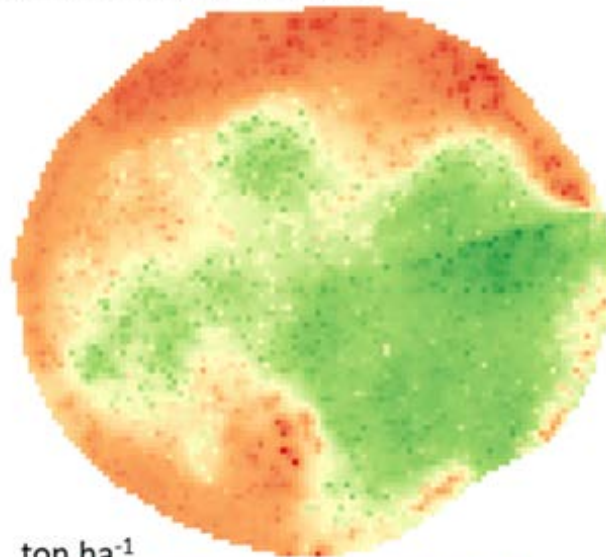
Relationship between the normalized difference red edge (NDRE) canopy sensor readings and normalized stalk yield (RSD: residual standard deviation of prediction)



Amaral; Molin; Schepers (2015)

Gestão agrônômica detalhada e especializada

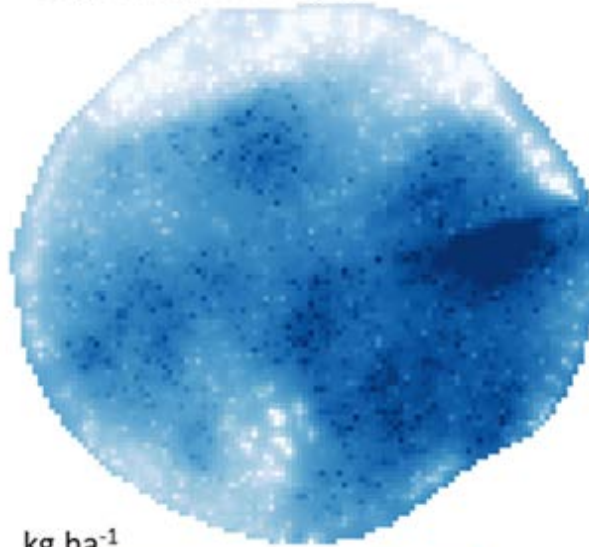
Produtividade de trigo



ton ha⁻¹



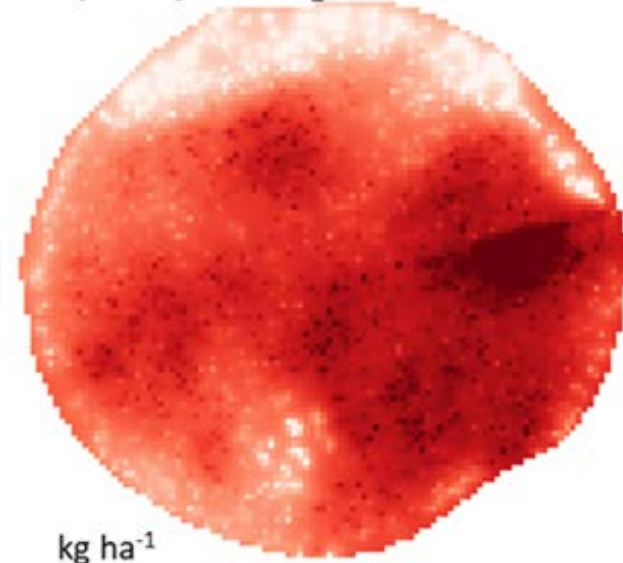
Exportação de P₂O₅



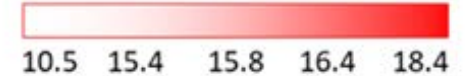
kg ha⁻¹



Exportação de K₂O

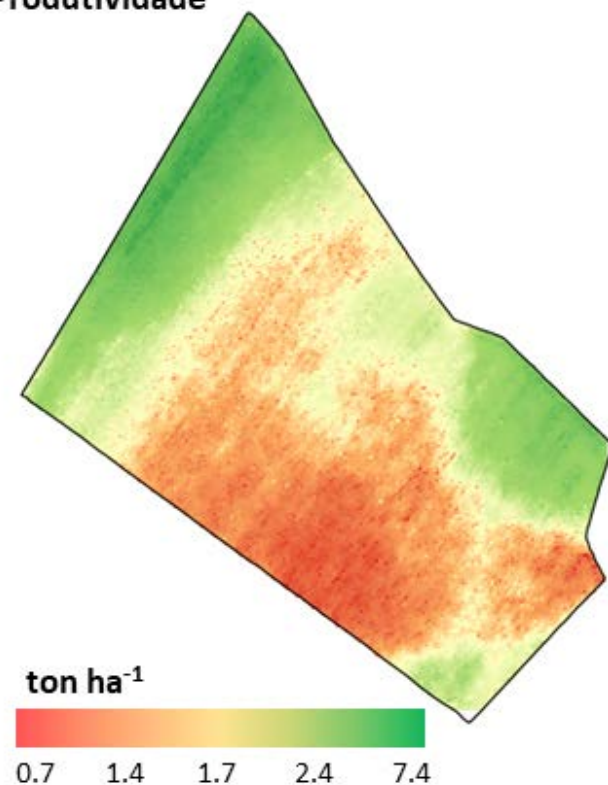


kg ha⁻¹

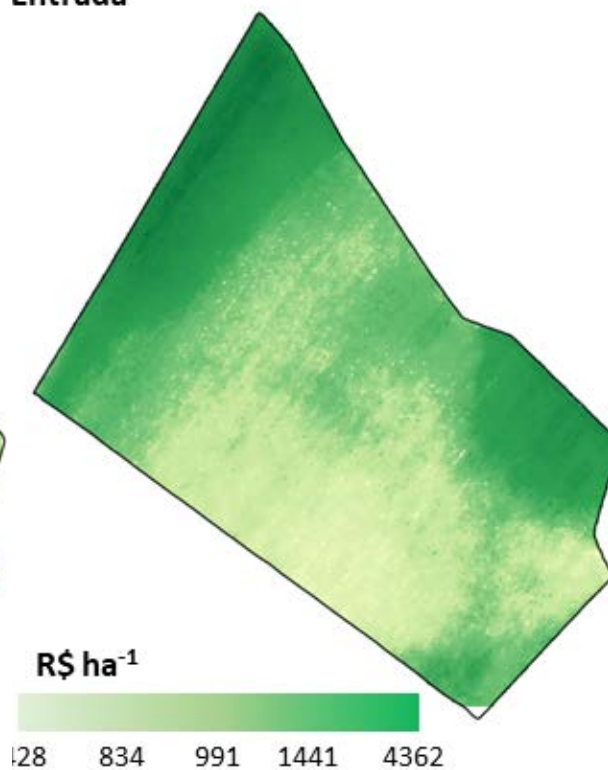


Gestão financeira espacializada

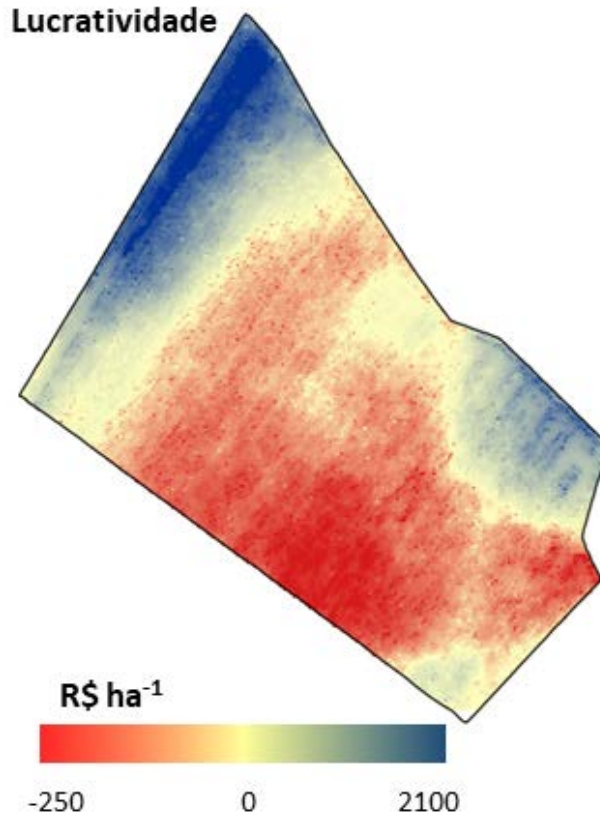
Produtividade



Entrada



Lucratividade

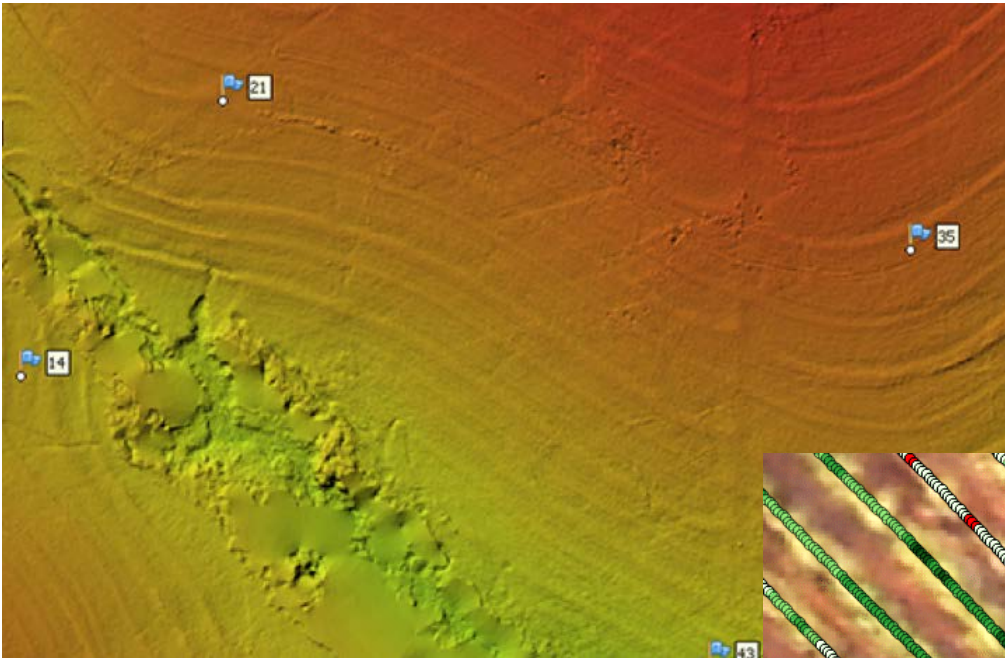


Maldaner; Wei; Molin (2019)

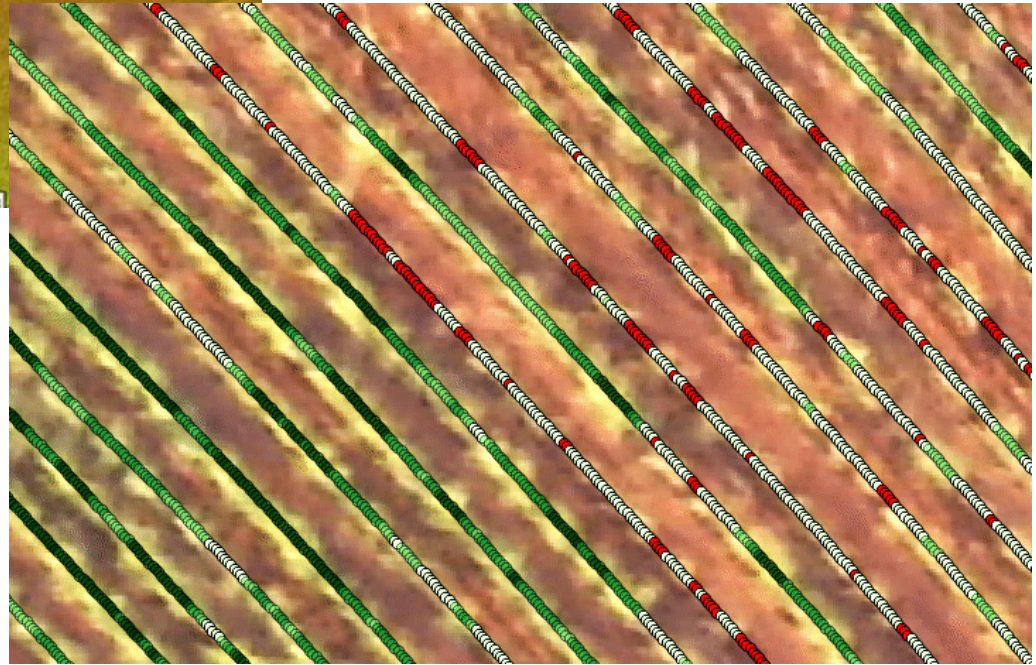
E os VANT?



Exemplos de produtos obtidos com imageamento



MDT



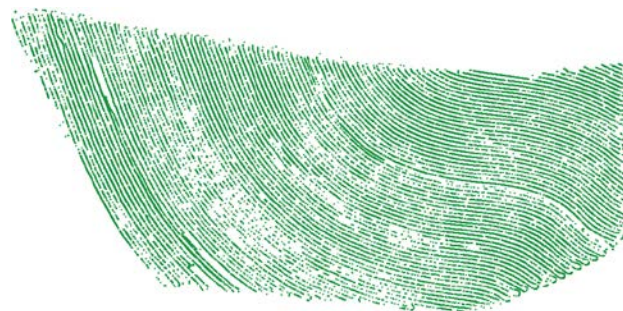
Linhas e Falhas

Algumas formas de se obter dados de falhas

Sensor fotoelétrico



ultrassom



Sensor de plantas (CropCircle 430)

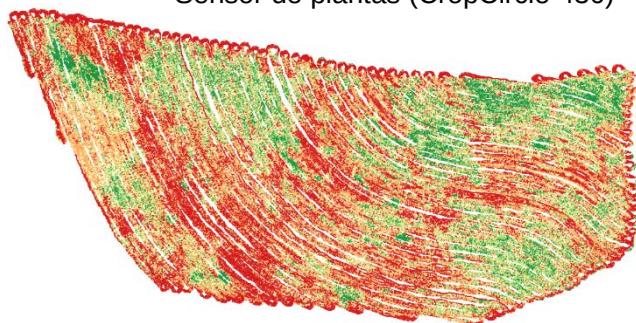
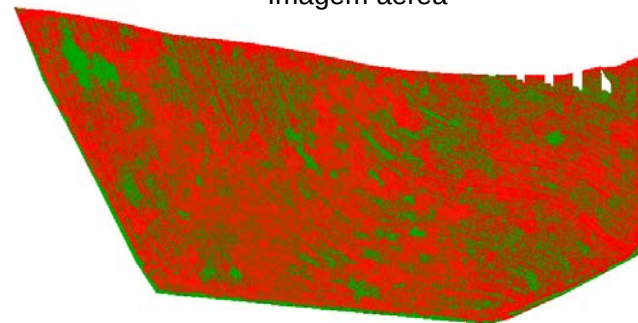
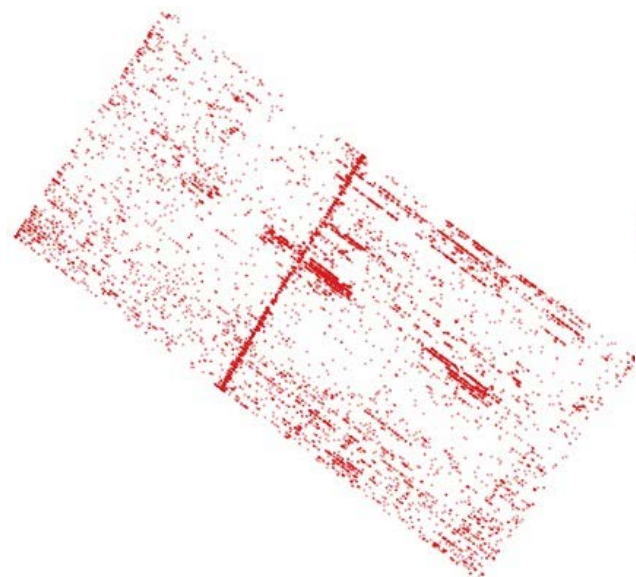


Imagem aérea

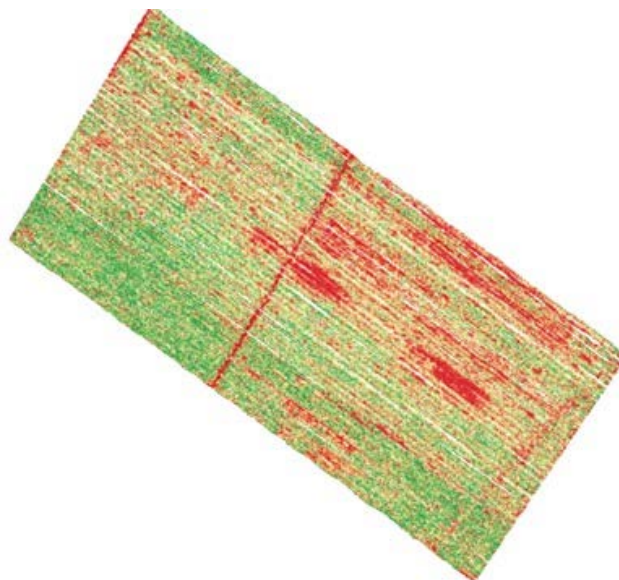


Falhas – um tema que precisa ser revisitado

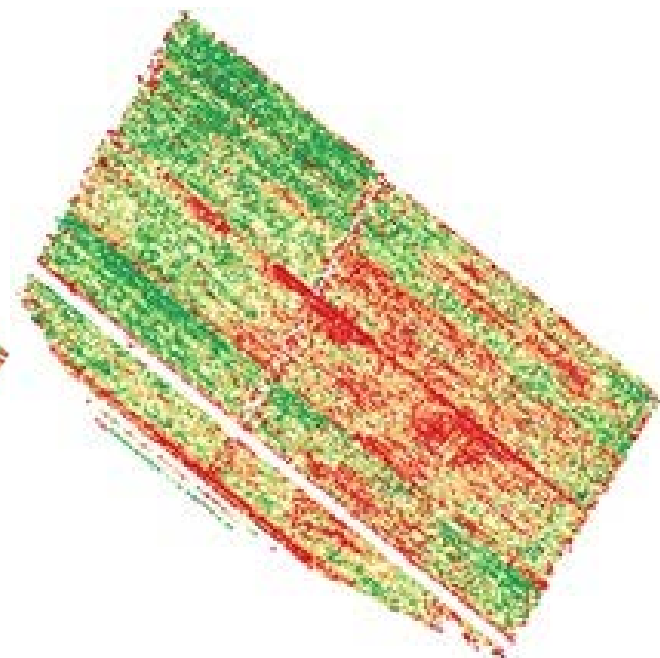
Dados do sensor



Mapa de intensidade de falhas



Mapa de produtividade



Maldaner (2019)

As duas grandes vertentes da AP:

- Variabilidade espacial
 - Investigação e mapeamento (amostragens, sensores, SIG)
 - Gestão (uso de insumos localizados e em taxas variáveis)
- Tecnologias relacionadas a GPS
 - Piloto automático, telemetria, controle de tráfego, automações como o controle automático de sessões, etc... (“automação das máquinas”)

O surgimento da “barra de luzes”:
aplicações aéreas - substituição dos “bandeirinhas”



Barras de luzes em avião agrícola



Piracicaba, 1997



Barra de luzes (leds) com
tela auxiliar (estrada virtual)



Monitor
(computador)

GNSS



Sensor de
esterçamento

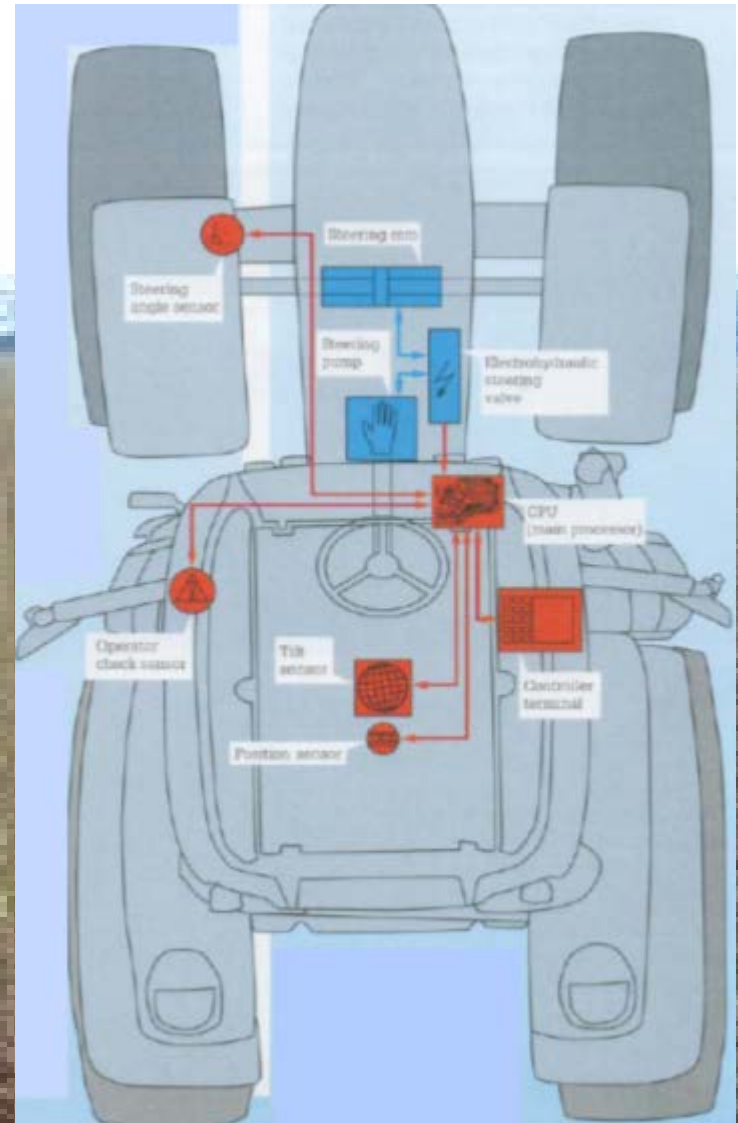
Atuador (válvula
eletrohidráulica)

Sensor inercial

Adaptado de S&C, 2006

Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores Integrados (hidráulicos)



Tipos de sistemas de direção automática:

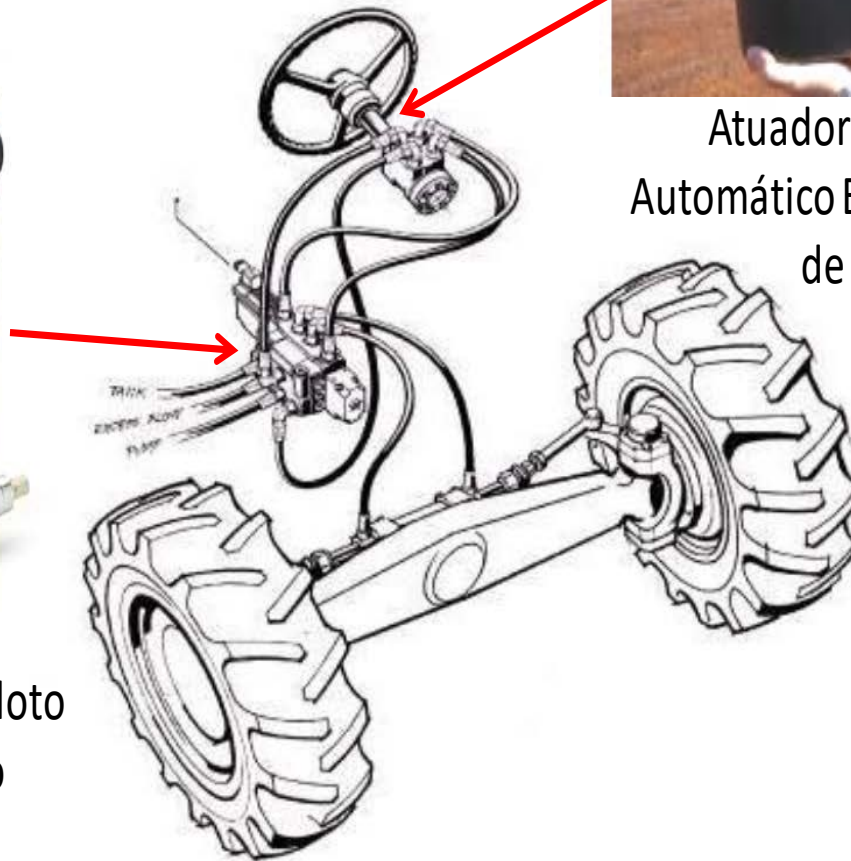
Atuadores de volante







Bloco de Válvula de um Piloto Automático Hidráulico



Atuador de um Piloto Automático Elétrico na Coluna de Direção

Adaptado de Timble; John Deere, Salvi (2014)

Canteiro de Cana Otimizado



Coleti, 2009



O desafios da direção automática em máquinas acopladas e rebocadas...



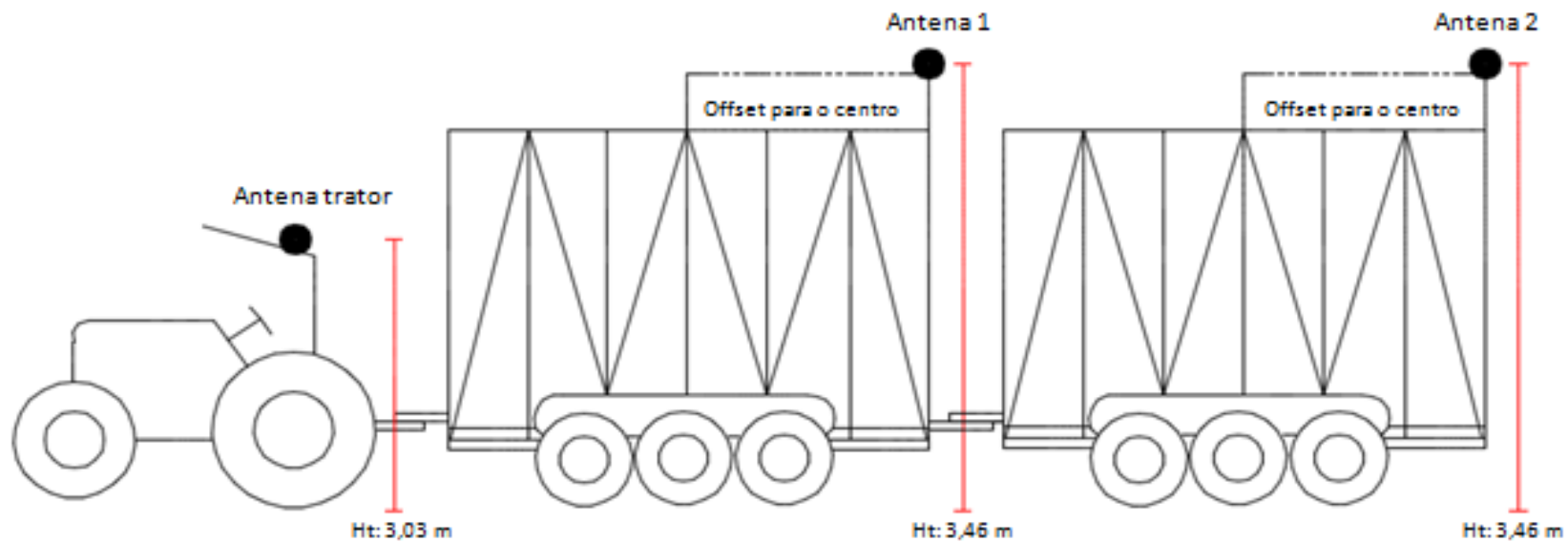
2007

Sistema de direção automática ativo para máquinas



Agrishow, 2009

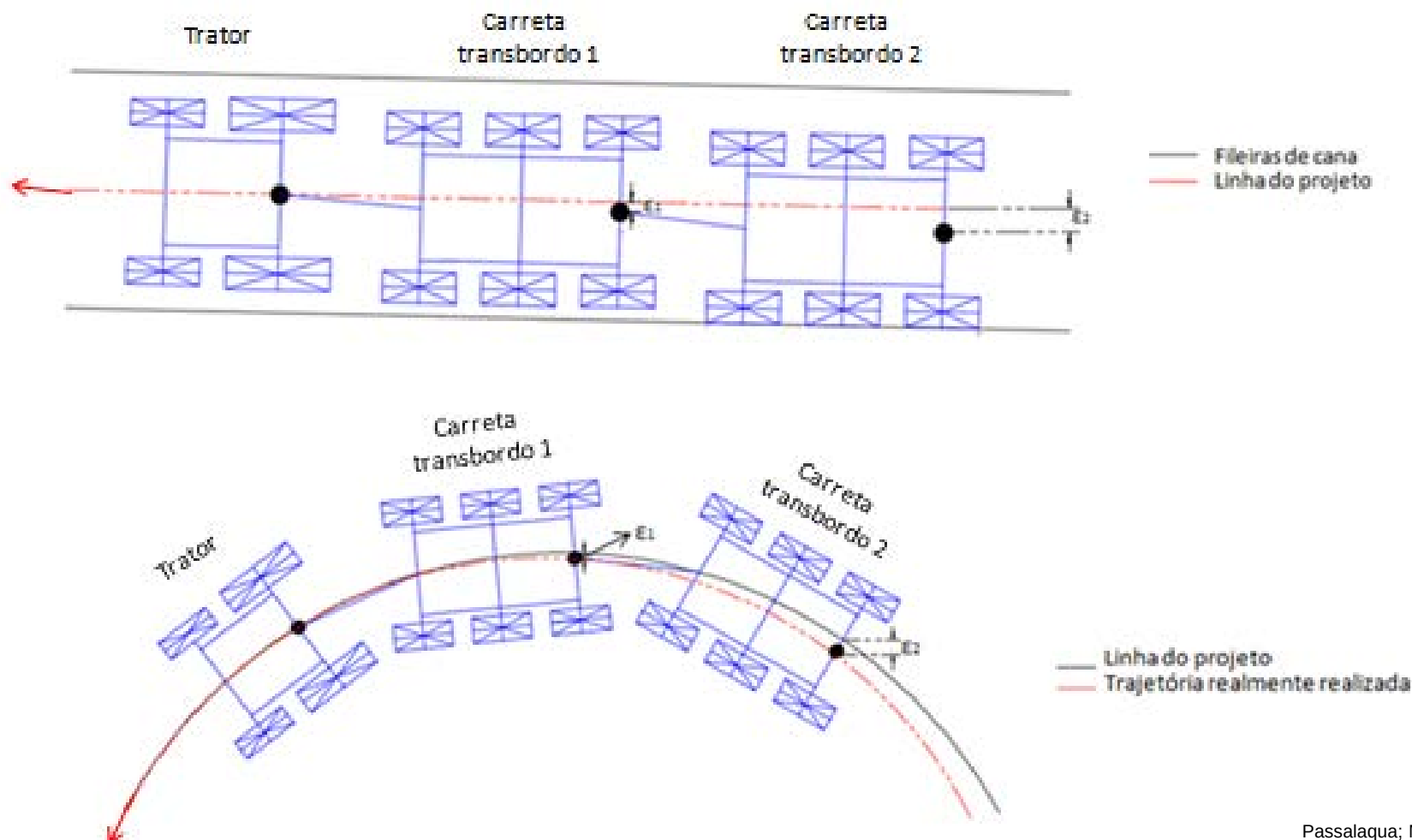
Atuadores hidráulicos lineares direcionando a barra de tração



Passalaqua; Molin (2018)

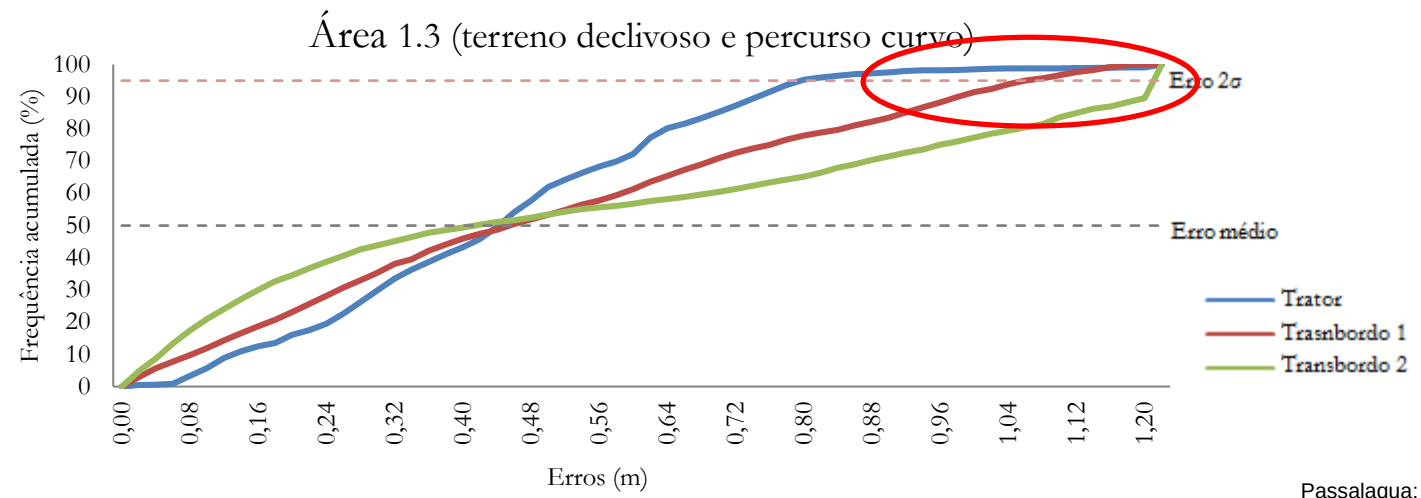
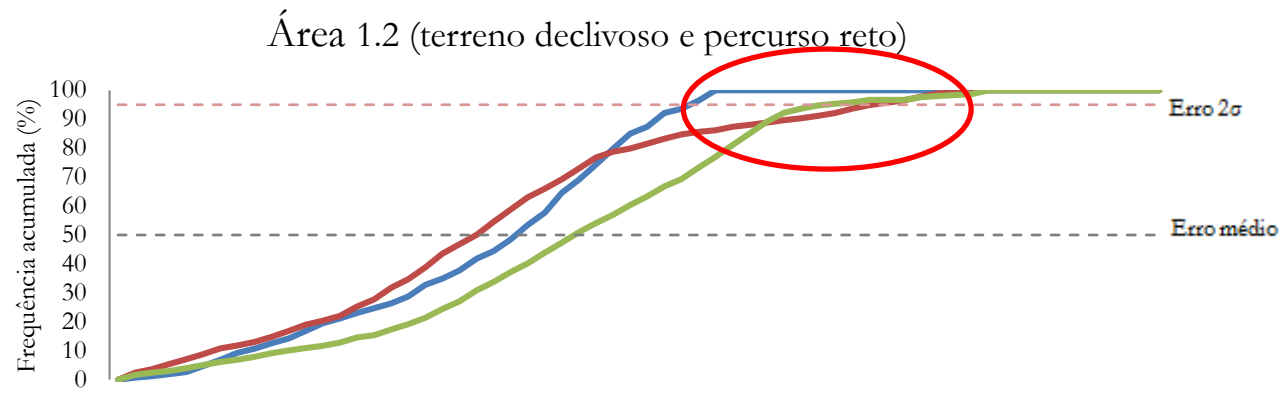
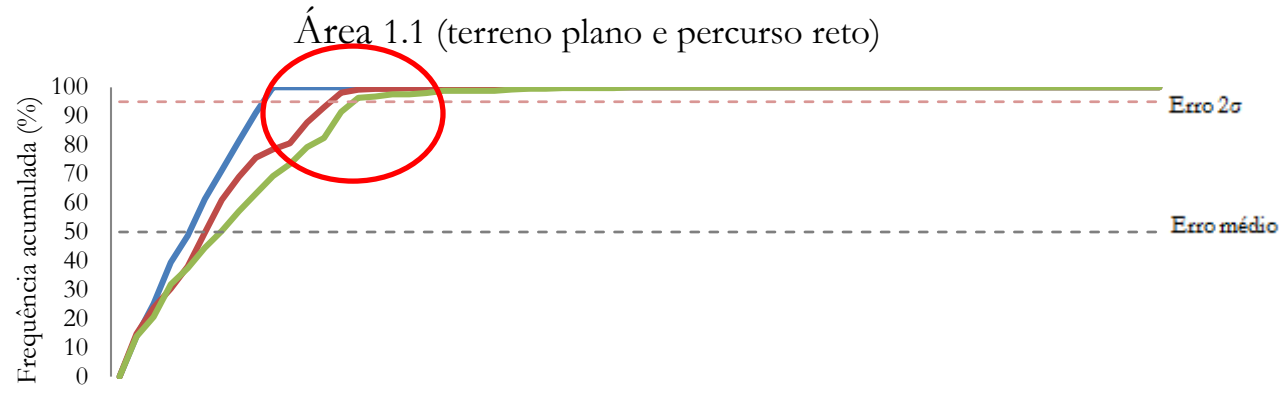
MATERIAL E MÉTODOS

o Comportamento das carretas em relação a trajetória



Passalaqua; Molin (2018)

Percursos
retos e curvos,
sem DA

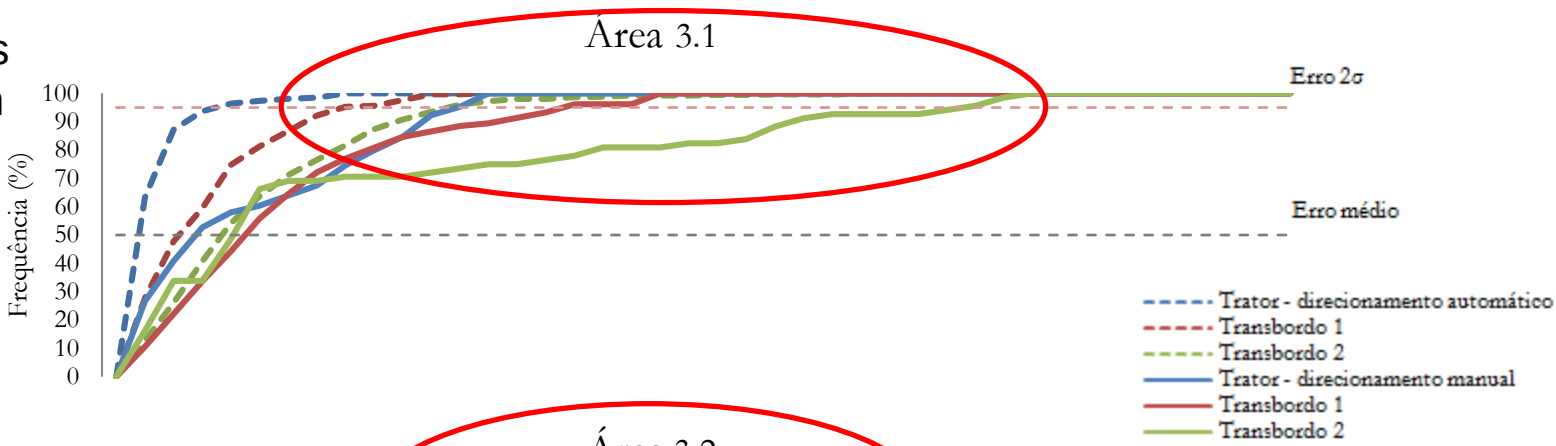


Passalaqua; Molin (2018)

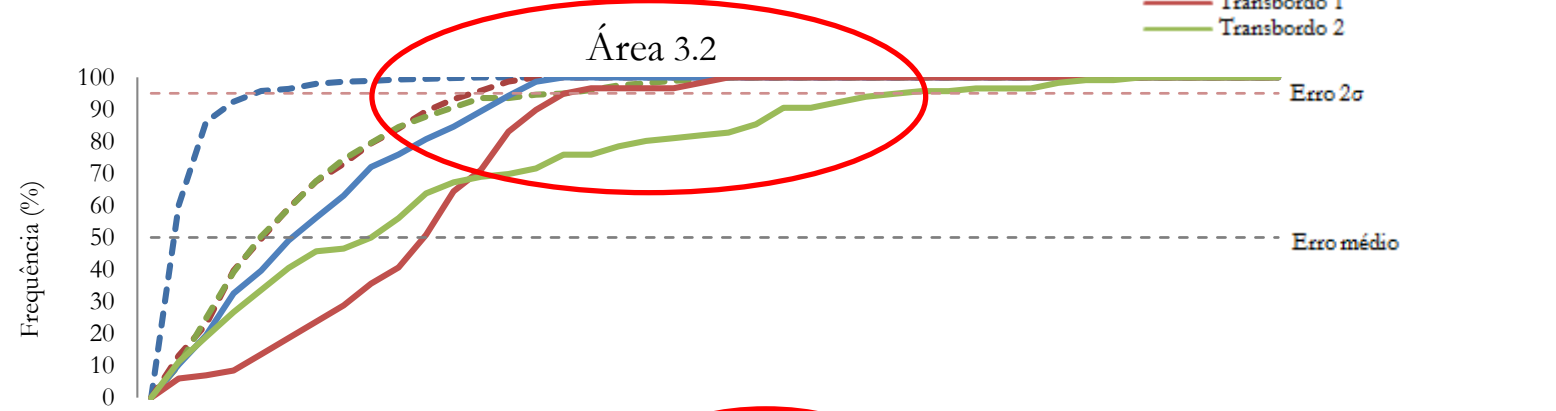


Percursos retos
inclinados, com
e sem DA

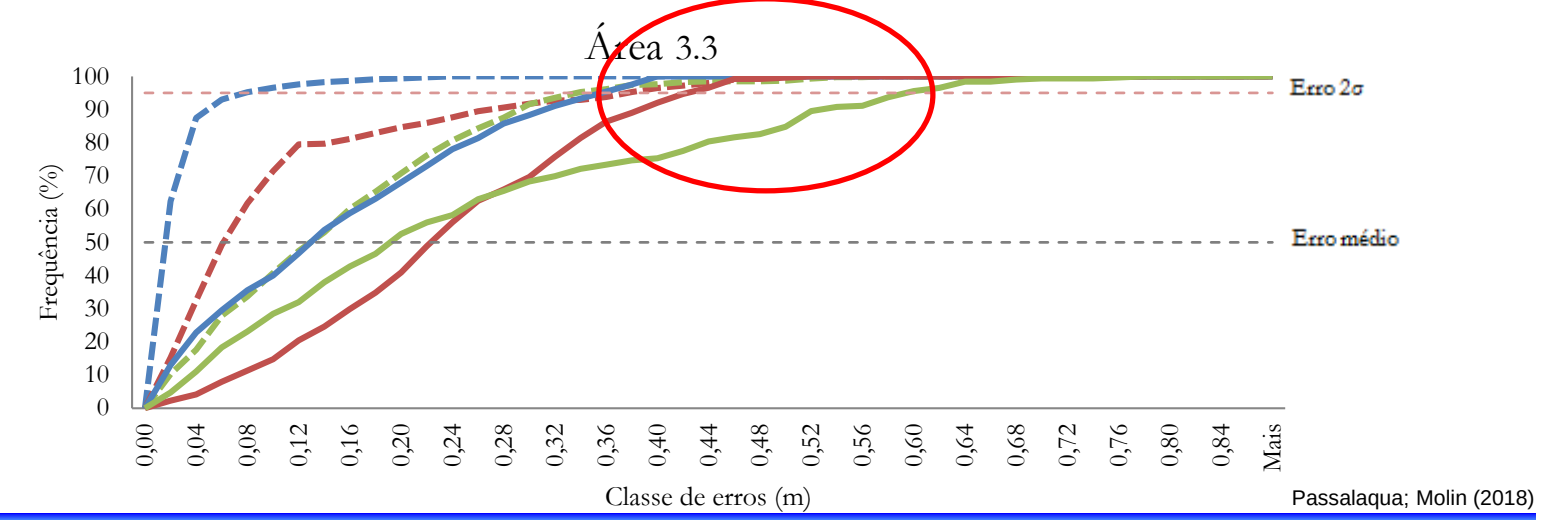
5%



7%

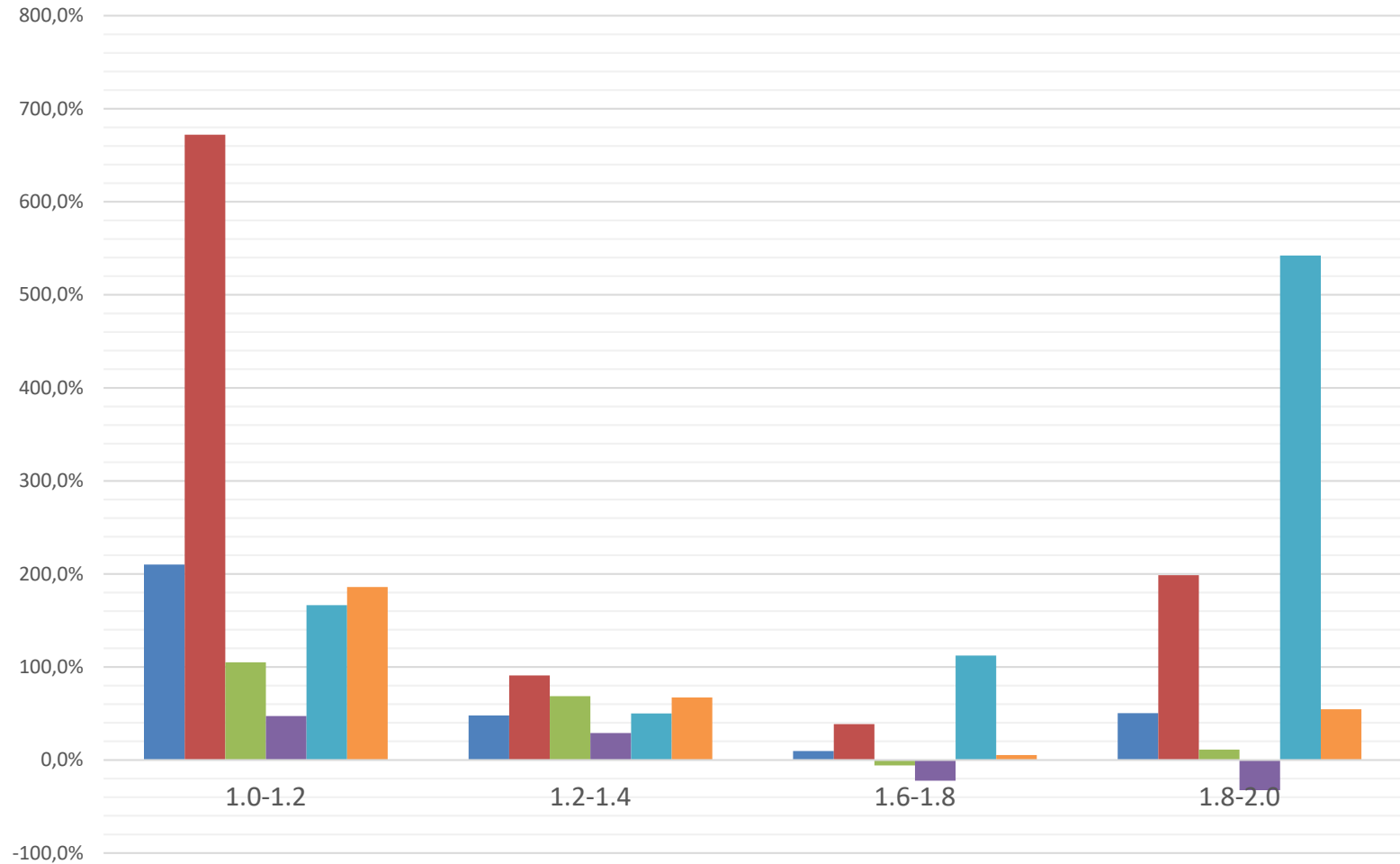


8%



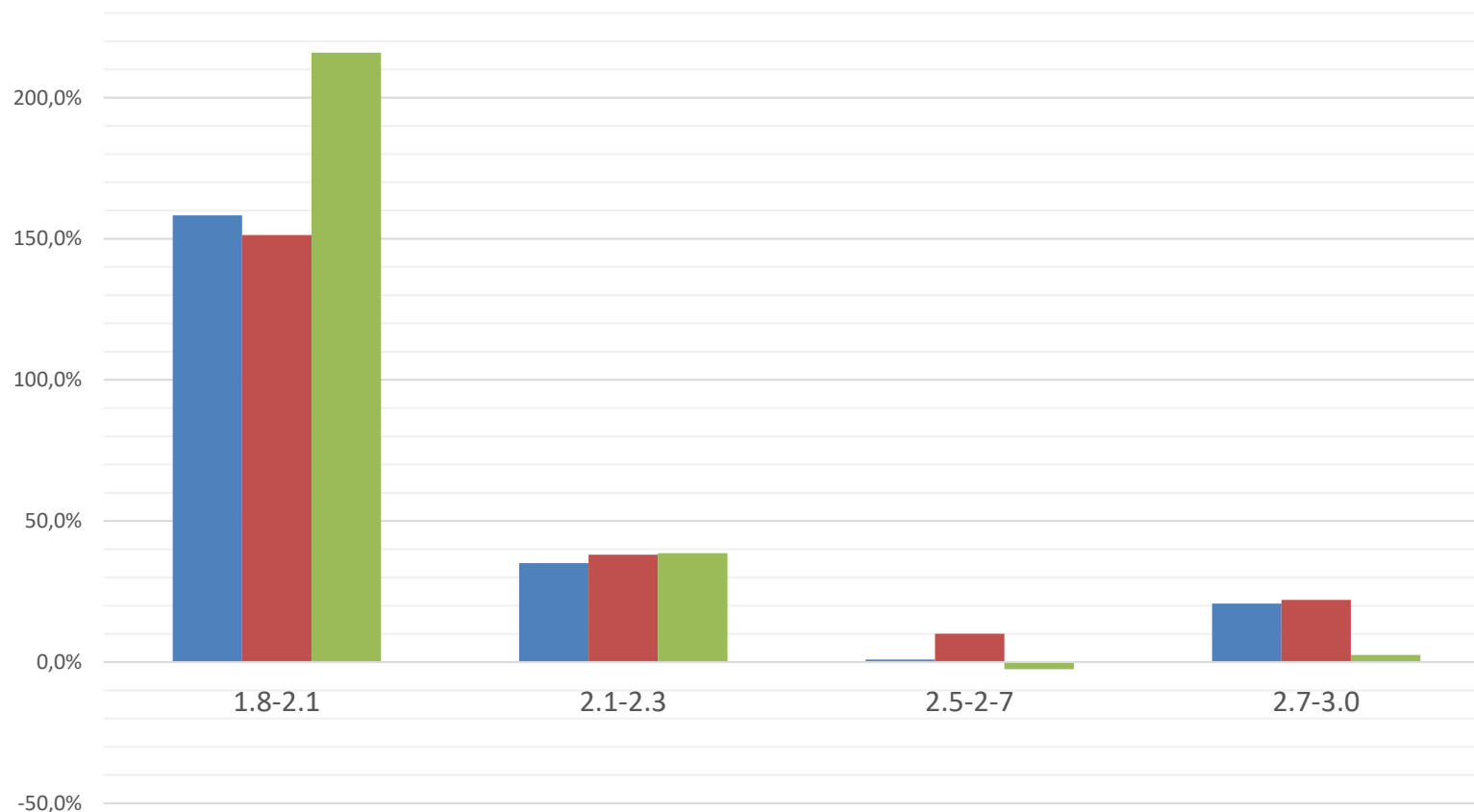
Passalaqua; Molin (2018)

Percentual do comprimento de falhas por desvios em referência ao espaçamento correto (1,4 a 1,6 m) para estudos de caso com espaçamento simples



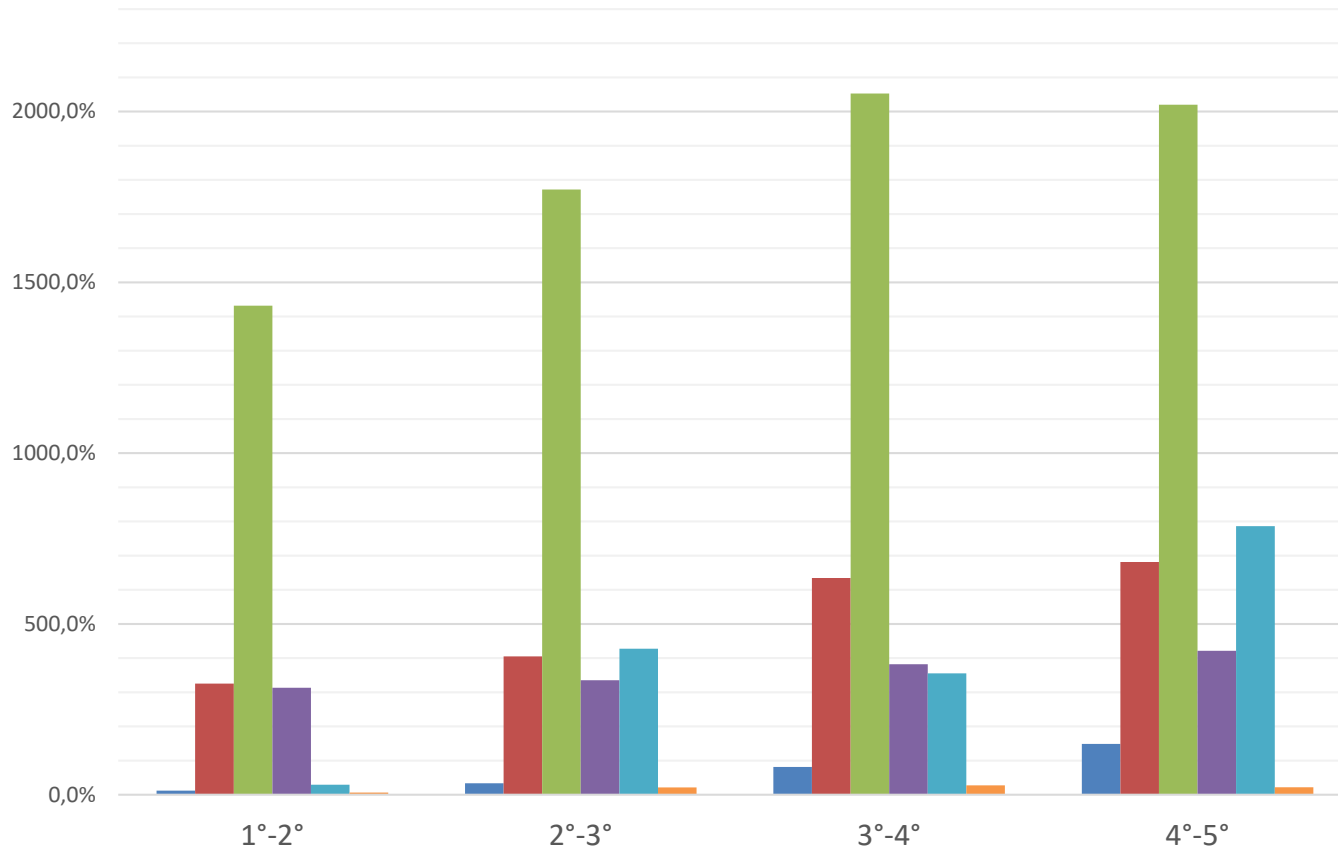
Penedo; Spekken,; Molin (2018)

Percentual do comprimento de falhas por desvios em referência ao espaçamento correto (2.3 a 2.5 m) para estudos de caso com espaçamento duplo alternado



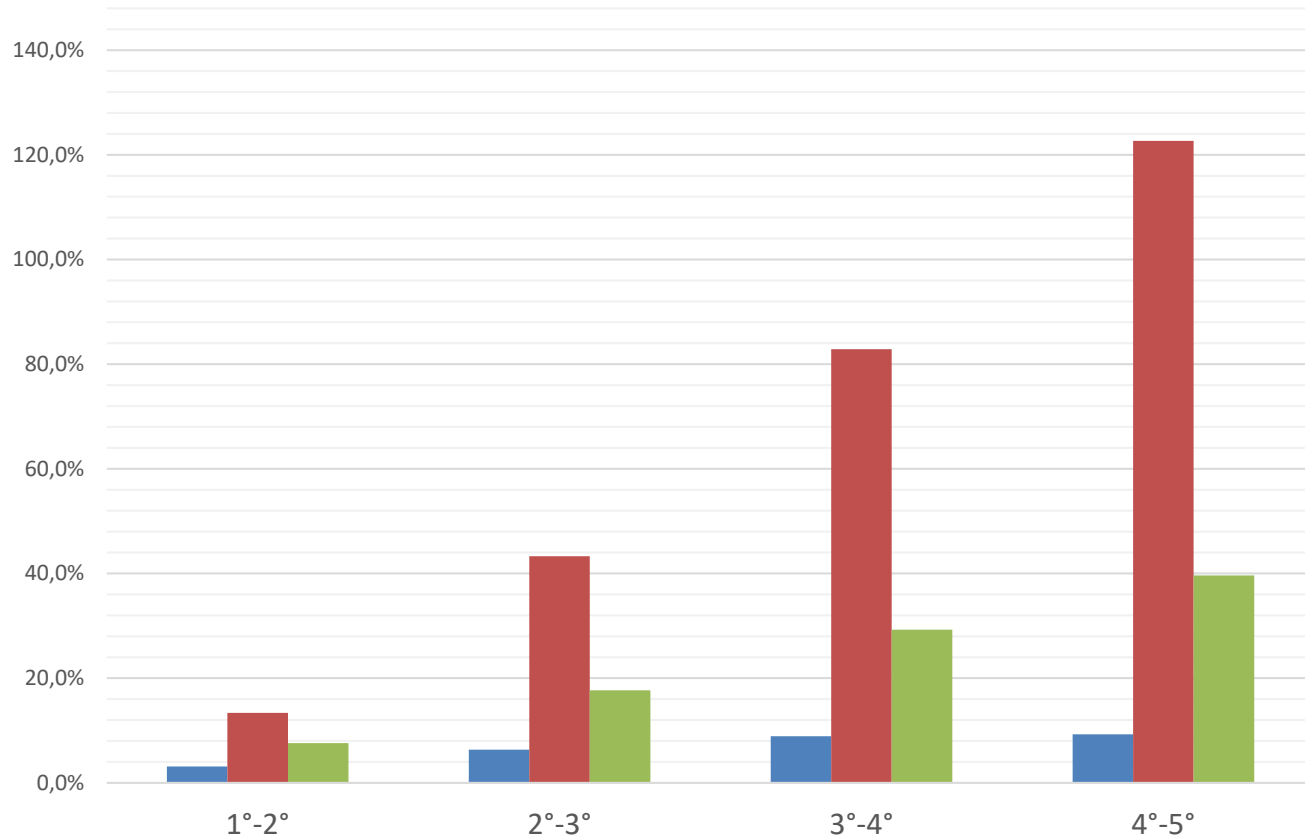
Penedo; Spekken,; Molin (2018)

Percentual do comprimento de falhas por elevação na curvatura ao longo das fileiras-linha, em referência à linhas retilíneas em espaçamento simples



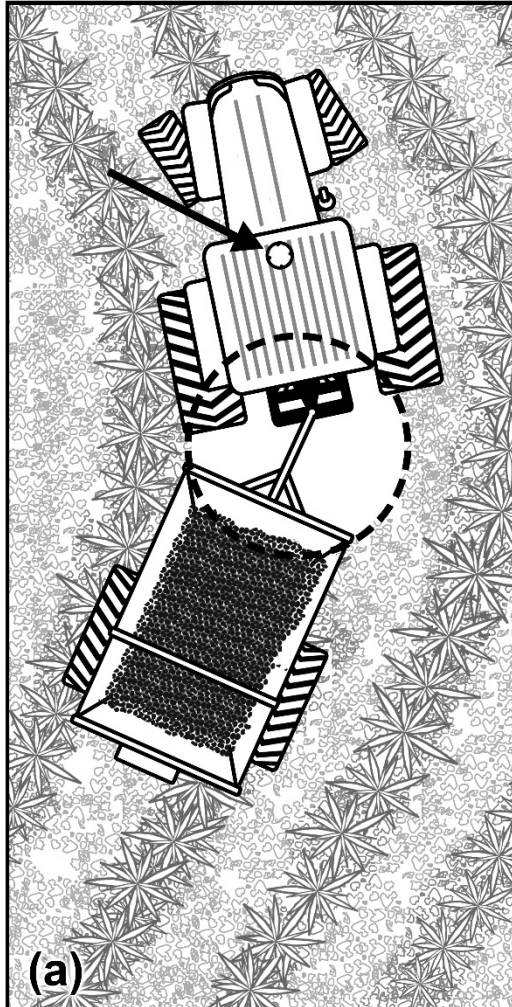
Penedo; Spekken,; Molin (2018)

Percentual do comprimento de falhas por elevação na curvatura ao longo das fileiras-linha, em referência à linhas retilíneas em espaçamento duplo alternado

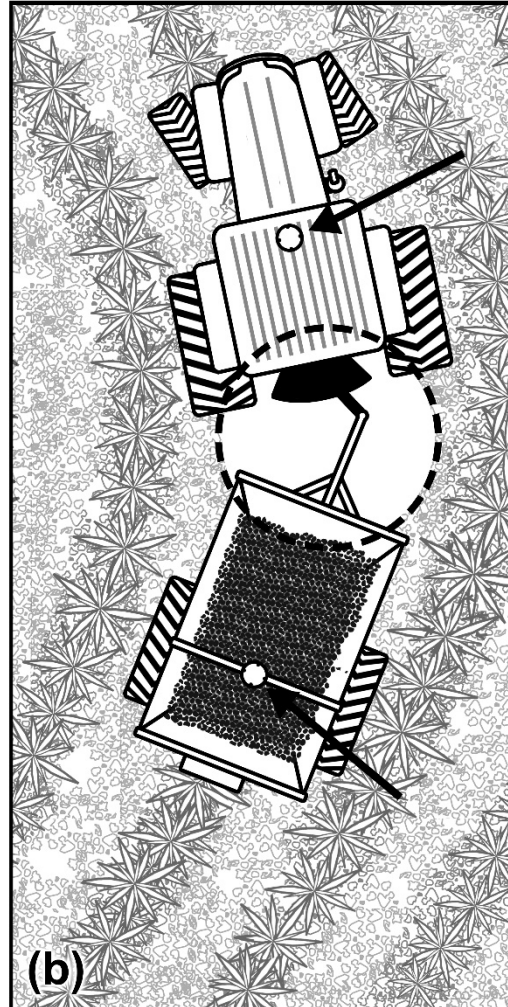


Penedo; Spekken,; Molin (2018)

Sistema de direção automática para máquinas e implementos



Equipamento de arrasto sem sistema de direção automática



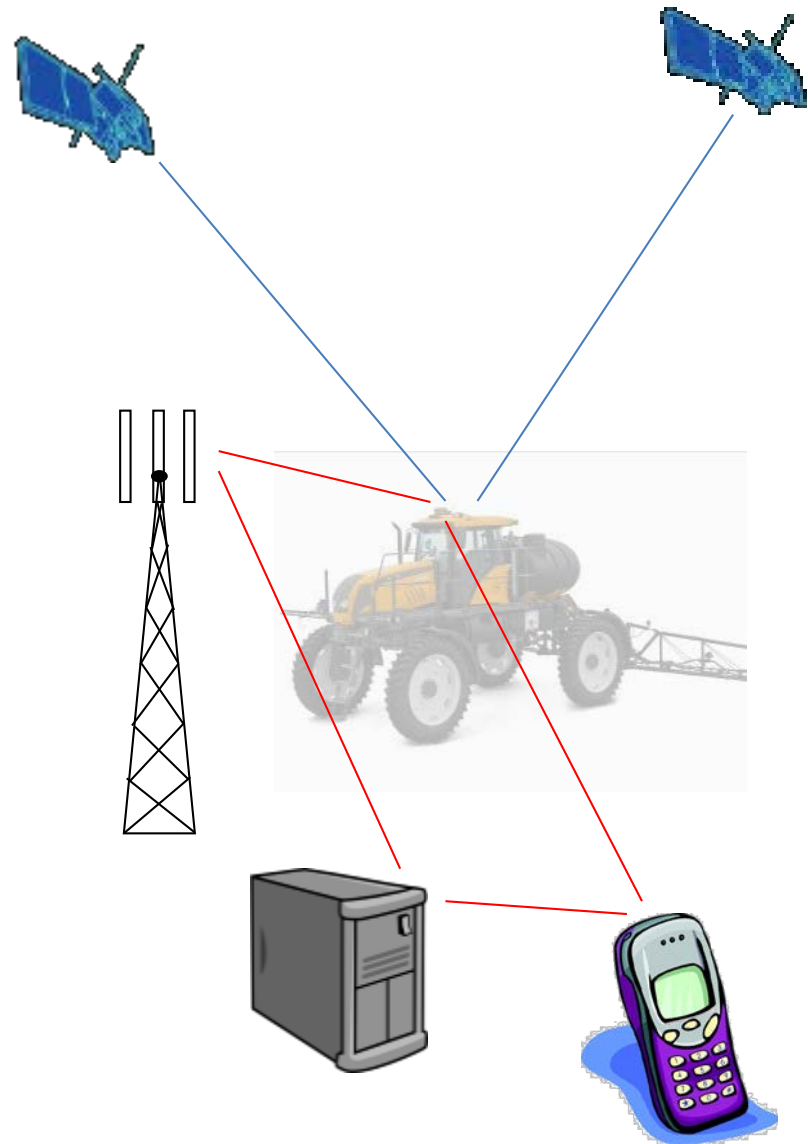
Equipamento de arrasto com sistema de direção automática ativo

Telemetria com conectividade mais gestão

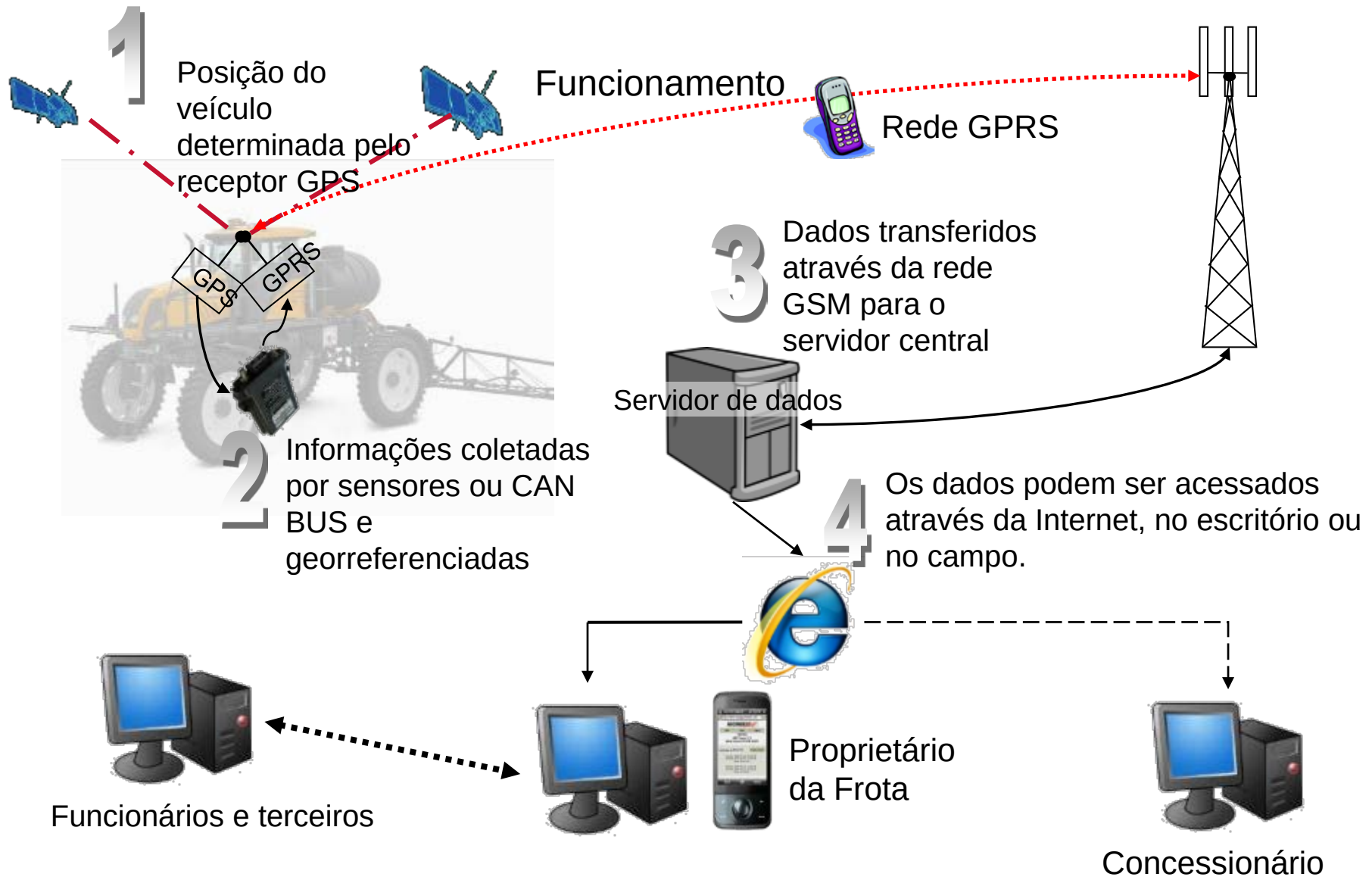
Funções:

coletar
gravar
enviar
analisar

DADOS!



Ex. Sistema AGCOMMAND





Obrigado!

José P. Molin
ESALQ/USP
jpmolin@usp.br


Laboratório de Agricultura de Precisão
www.agriculturadeprecisao.org.br

