



Automação em tratores

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



www.agriculturadeprecisao.org.br

Objetivo

Abordar as recentes evoluções que envolvem a automação de controles e de processos na operação de tratores

Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

- Comunicação entre o trator e a máquina

- Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

- Veículos autônomos

- Potência elétrica para acionamentos

Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – **automação de comandos da cabine**

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – **sistemas de direção automática** se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

Sistemas de Navegação Global por Satélites - GNSS

Funcionando:

- GPS (Global Positioning System) – EUA.
- GLONASS (GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) – Russia.

Em construção:

- Galileo (União Européia)
- BeiDou Satellite Navigation System (BDS) (Compass) - China

O surgimento da “barra de luzes”:

aplicações aéreas - substituição do balizamento visual por “bandeirinhas”



Barras de luzes em avião agrícola

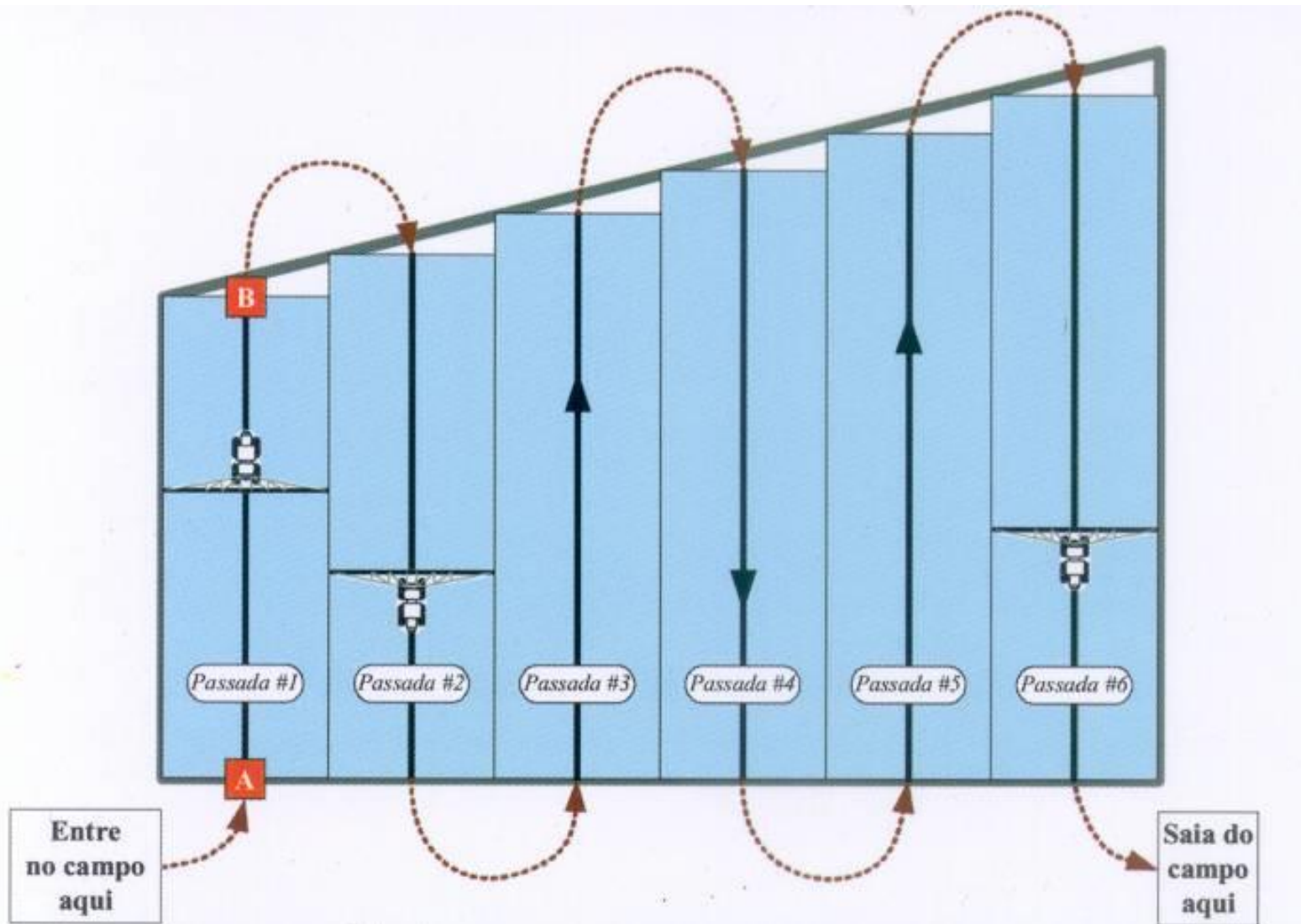


Piracicaba, 1997

Barra de luzes para aplicações terrestres



Solução perfeita para percursos retos



Barra de luzes tradicional



... nem tanto para curvas

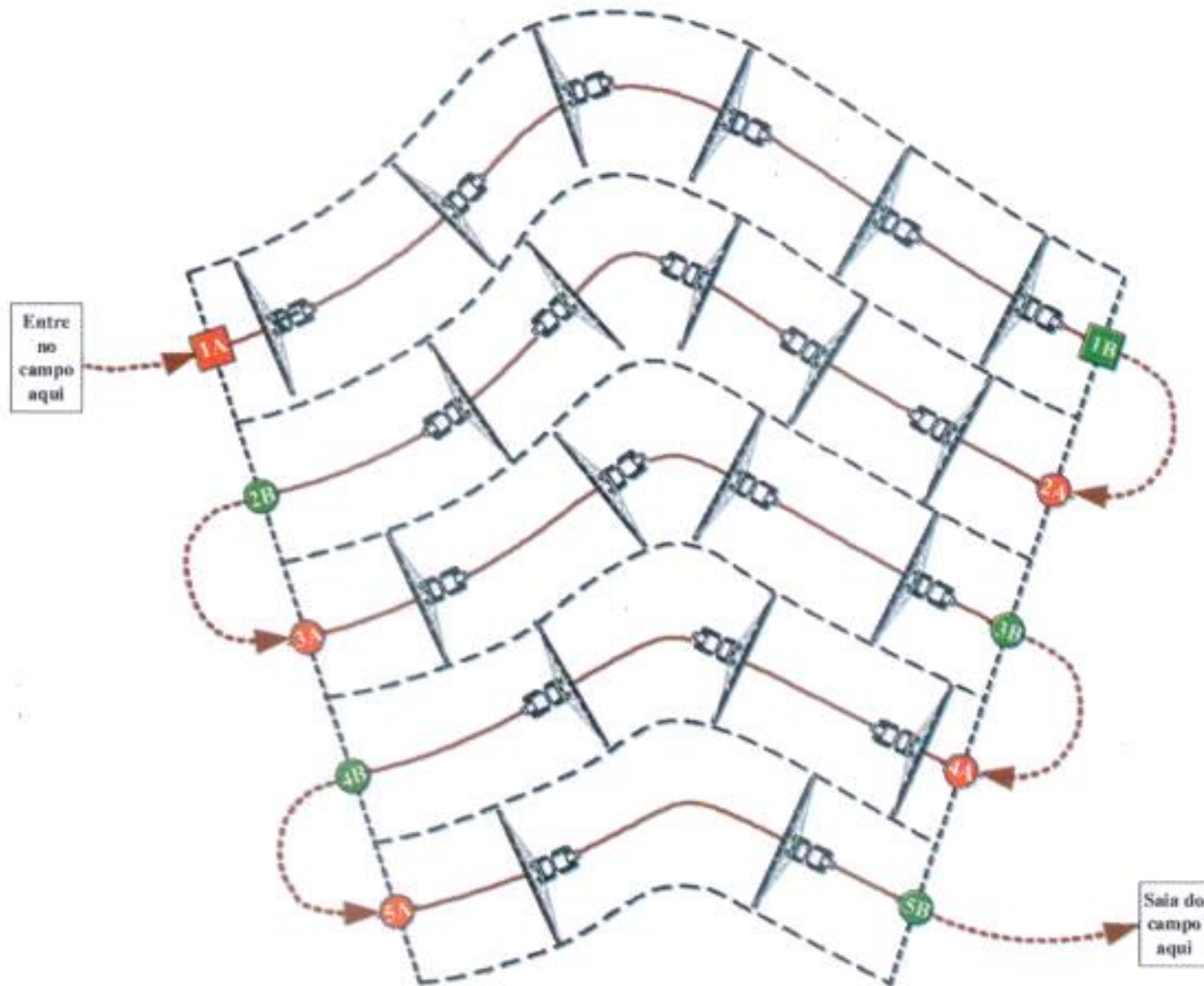
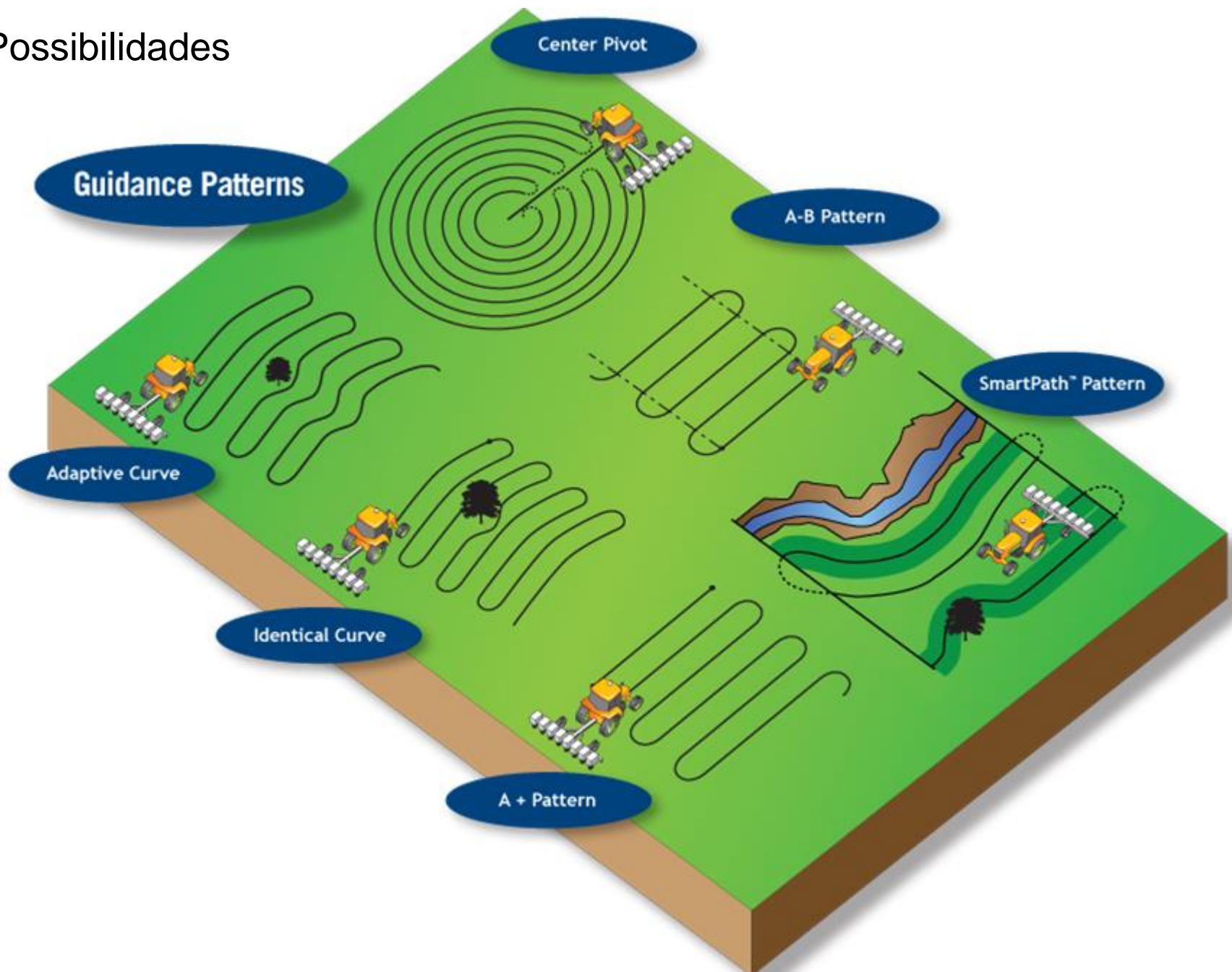


Diagrama trabalho em Contorno (curvas)

Possibilidades



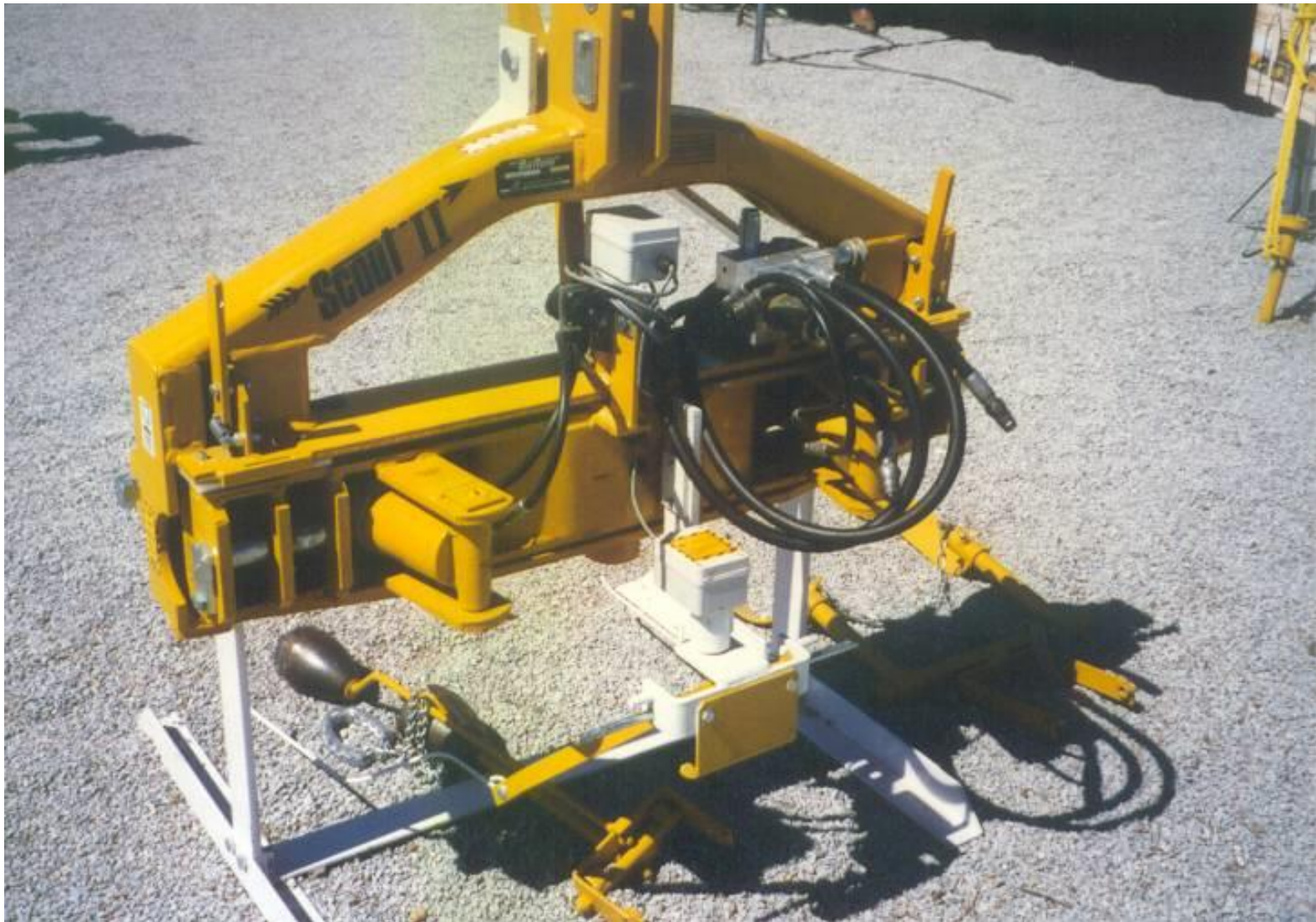


Barra de luzes (leds) com
tela auxiliar (estrada virtual)

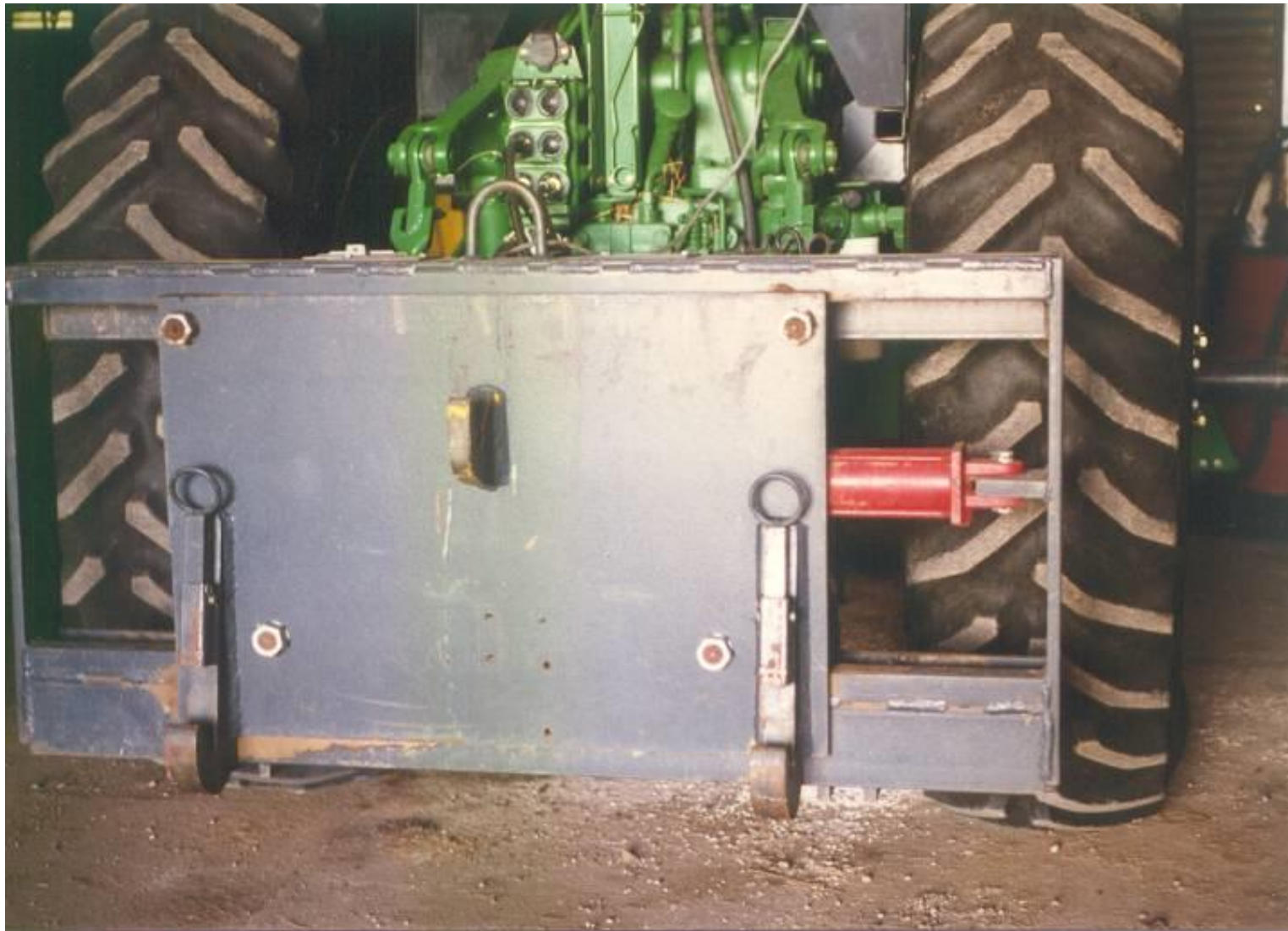


A evolução dos sistemas automáticos de alinhamento e direção

Controlador de posição de implemento montado (cultivador/capina) com sensor de posição e atuador hidráulico

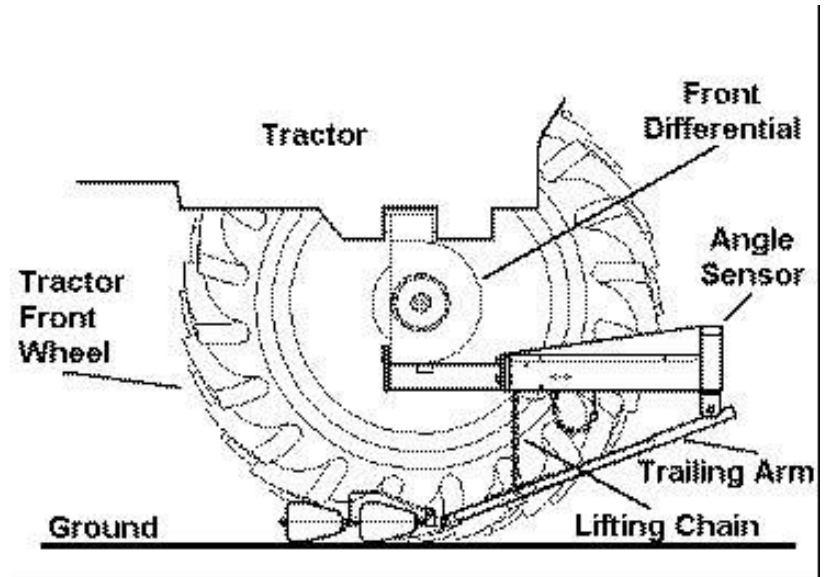
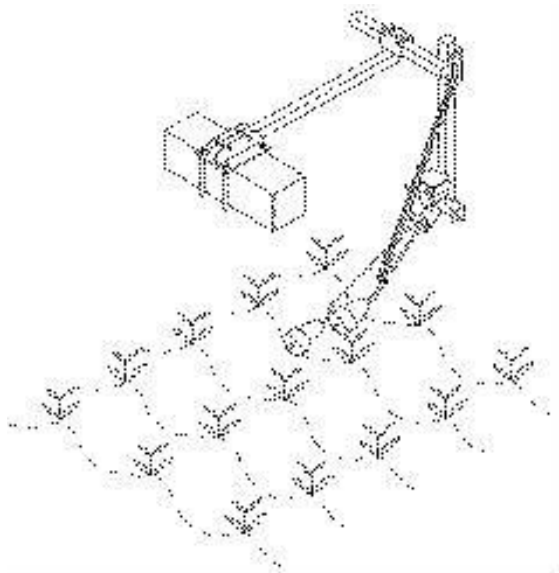
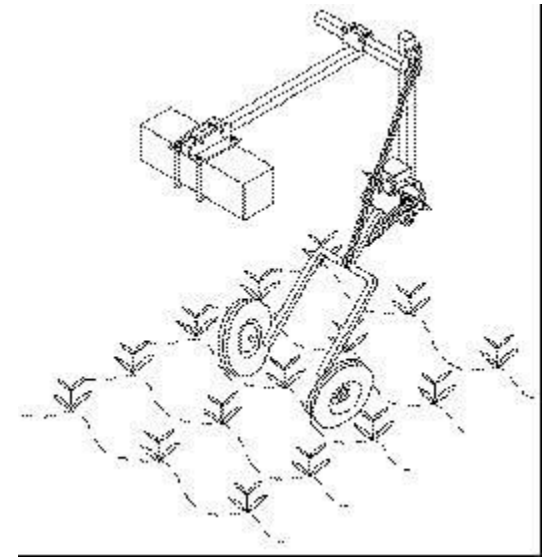
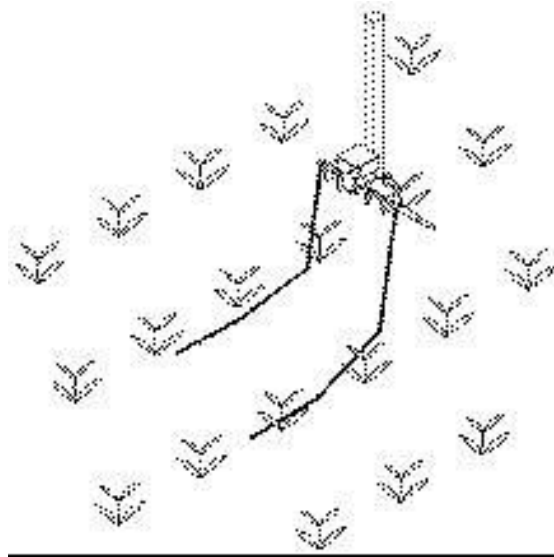
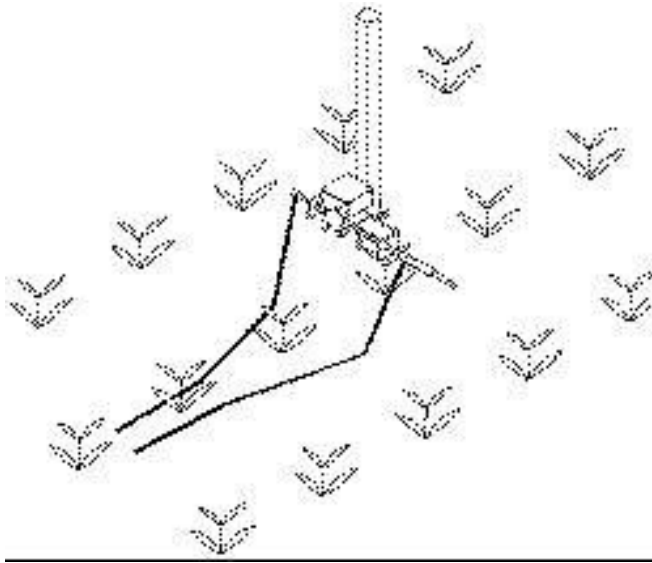


Controlador de posição de implemento montado (cultivador/capina) com sensor de posição e atuador hidráulico





Sensores



Auto Pilot



Class



Laser Pilot



Class



Cam Pilot



Class

Sistema de direcionamento por ultrassom



The system components:

- mobil Siemens job computer
- electro-hydraulically controlled proportional valve
- Vehicle terminal mounted in radio box
- potentiometer steering unit for the left armrest
- sensor bar with four ultrasonic sensors for the front hitch



An optional feature is the small potentiometer steering wheel, mounted on the left hand armrest. With this feature the driver can do quick and easy headland turns. He just switches from automatic steering to potentiometer steering and he can turn with a comfortable small control wheel on his armrest.



The Sensor easily can be adjusted to follow rows, crop borders or swaths just by switching the two handles in the direction of the border to be sensed.



The Ultrasonic sensing bar mounted at the front hitch, recognizes differences greater than 10 cm on the field and transforms this into steering signals via a small integrated valve in the steering circuit.



The driver can rely on the tractor automatically following the rows. He can concentrate on the application, control and optimize the output to save products and money while improving crop quality. Late evening and night spray application with limited visibility is no longer a problem.



The system turns off and back to normal manual controlled steering as soon as:

- the steering wheel is turned
- 23-km/h limit is exceeded
- the cab doors are opened
- failures of system components
- main switch is switched off
- main menu is being quit



Sistema por imagem

O surgimento dos sistemas de direção automática com GNSS

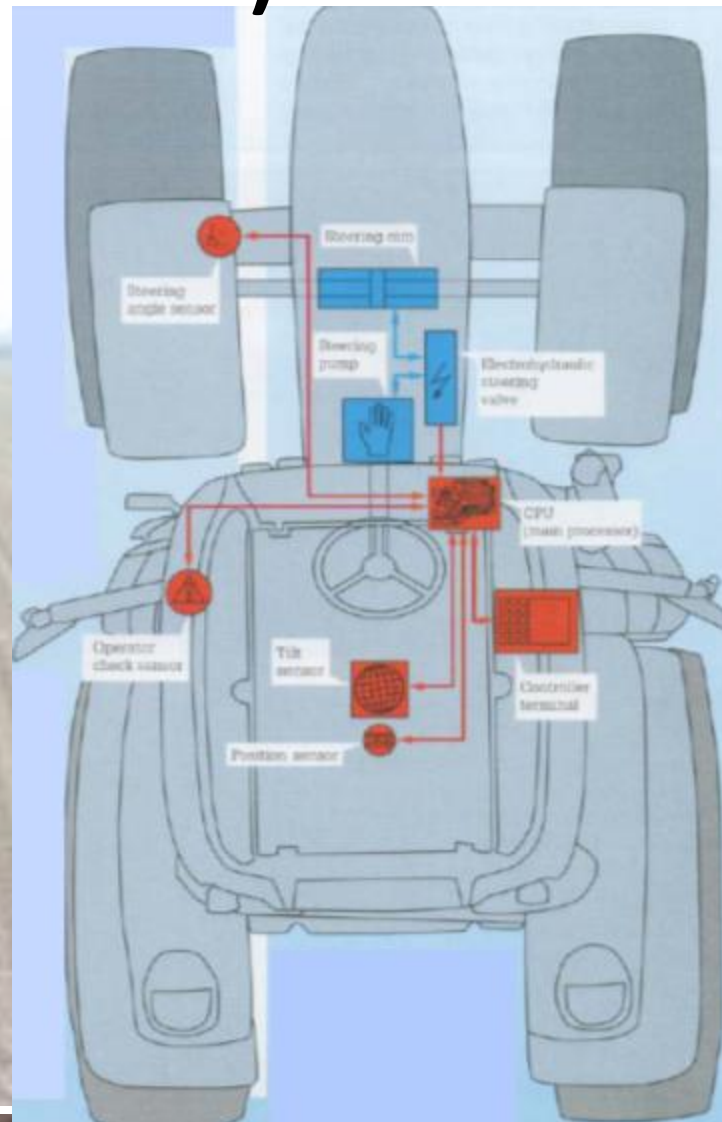


Rápida adoção no Brasil



Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores Integrados (hidráulicos)



GNSS fixo

GNSS

Radio

Monitor



Sensor de esterçamento



Válvula de controle



Sensores inerciais e controlador



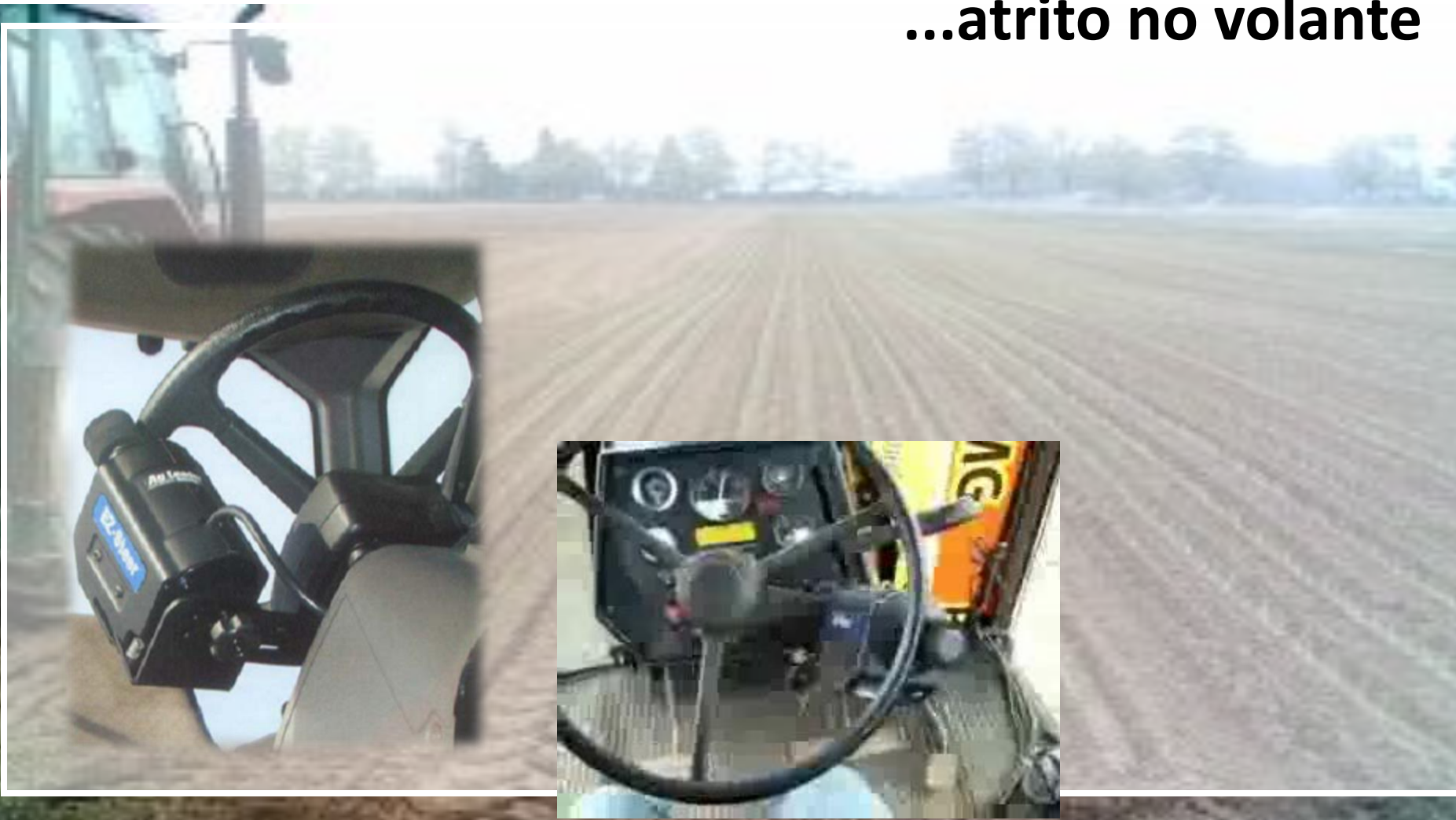
Adaptado de S&C, 2006



Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores de volante

...atrito no volante



Sistema de atuador por atrito no volante



14

Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores de volante

...motor elétrico na coluna



Motor elétrico na coluna da direção



Sistemas de atuação no volante do trator

Motor elétrico diretamente na coluna de direção



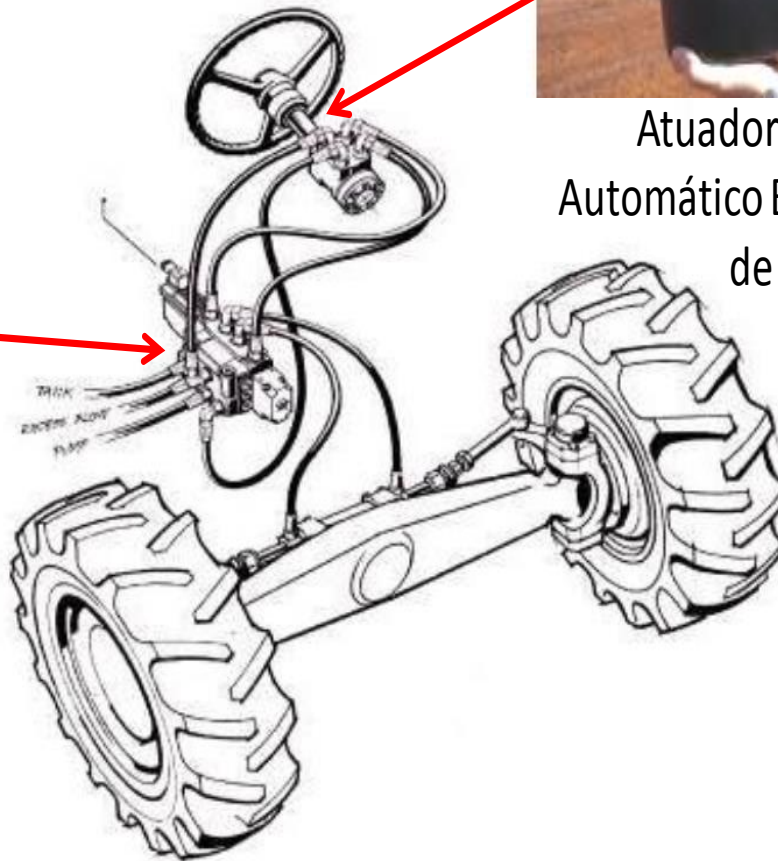


Agritechnica 2011





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)

Performance ↑

Preço →



Adaptado de Timble; John Deere, Salvi (2014)

Vantagens dos sistemas de direção automática

- permitem a redução da compactação do solo e danos às plantas (ou soqueiras no caso da cana) com controle de trafego
- permitem velocidades operacionais maiores
- reduzem a fadiga do operador
- permitem a operação mesmo com falta de visibilidade (dia e noite)
- otimizam o raio de manobras
- minimizam os erros de paralelismo
- permitem a operação com mais do que um conjunto na mesma área
- a operação pode iniciar em qualquer ponto da lavoura
- aumentam o rendimento operacional
- permitem a integração das operações automatizadas sob uma mesma base de dados – plantio, tratos culturais e colheita (percursos gravados)

Controle de tráfico



Tráfego em lavoura de grãos - Australia

Caminhos de rodas na lavoura

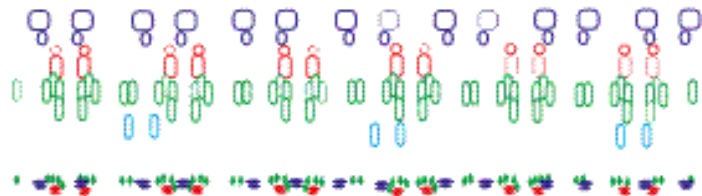
Cobertura

Preparo convencional



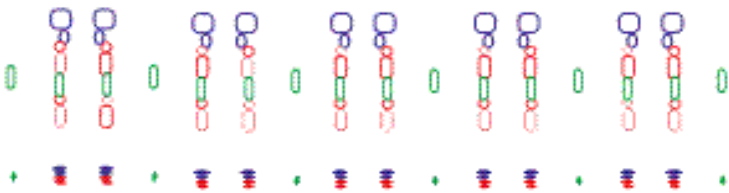
82%

Plantio direto



46%

Tráfego controlado



14%

6 vezes menos tráfego que o Preparo Convencional e 3 vezes menos que o Plantio Direto !

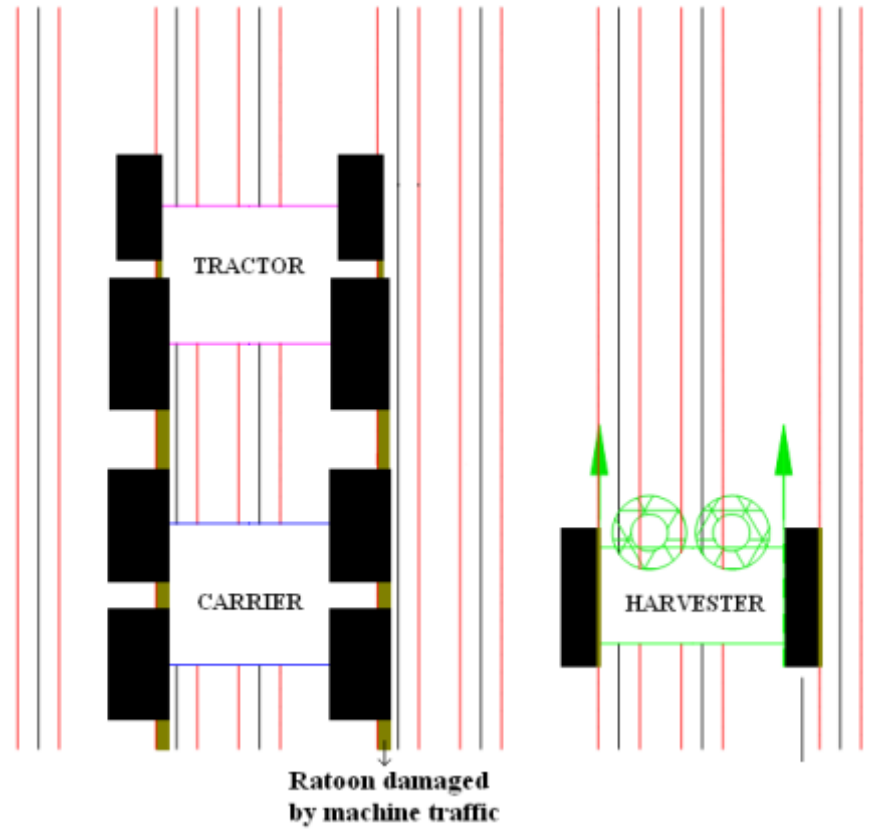
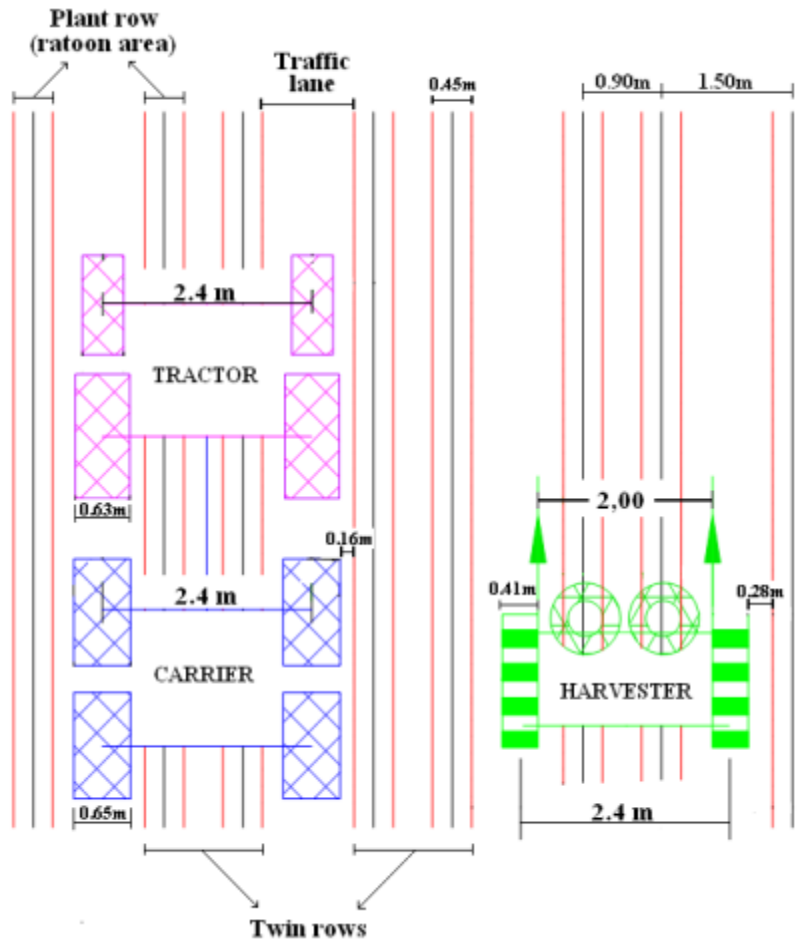
Revista Plantio Direto, edição 110, março/abril de 2009.

Canteiro de Cana Otimizado



Coleti, 2009





Spekken et al. (2014)

O que acontece quando você opera com sistema de direção automática e sente sono....



Farmers Weekly - <http://www.fwi.co.uk>
07/06/2007

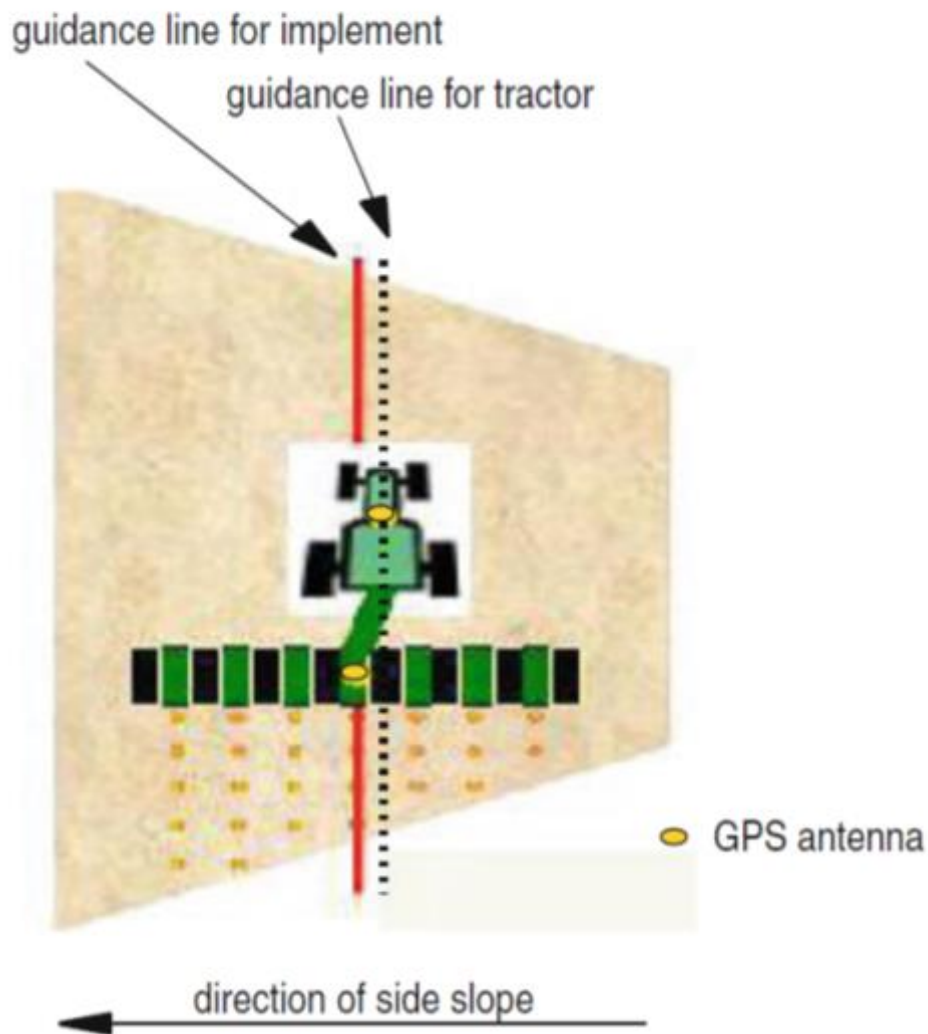


Um dos desafios é sistema de direção automática em máquinas rebocadas...

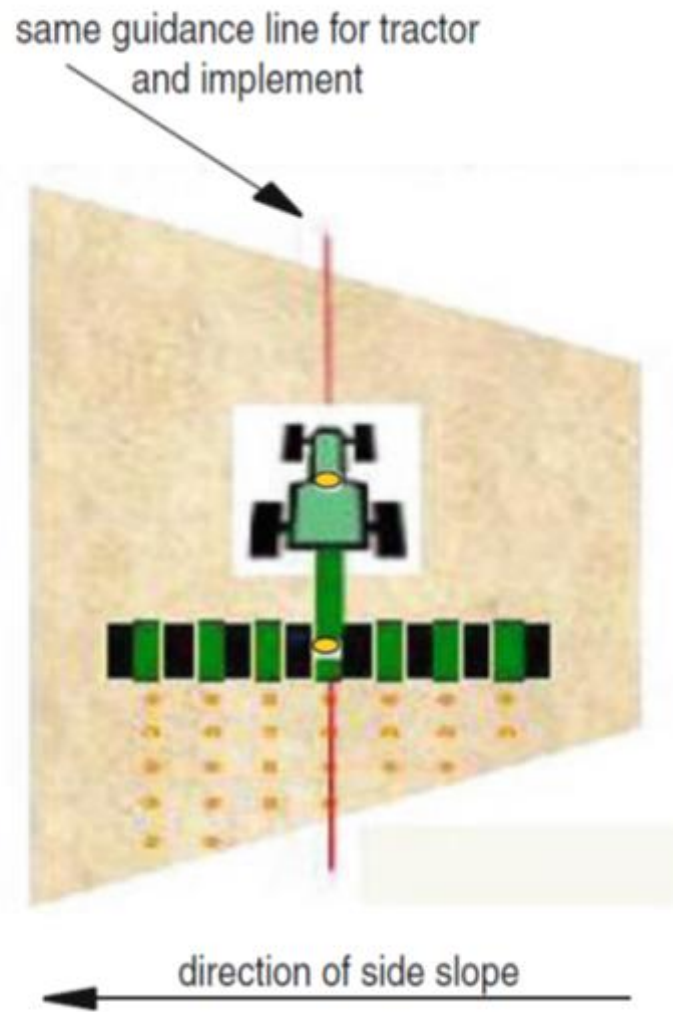


Sistema de direção automática para máquinas rebocadas

Passivo



Ativo



Sistema de direção automática para máquinas rebocadas



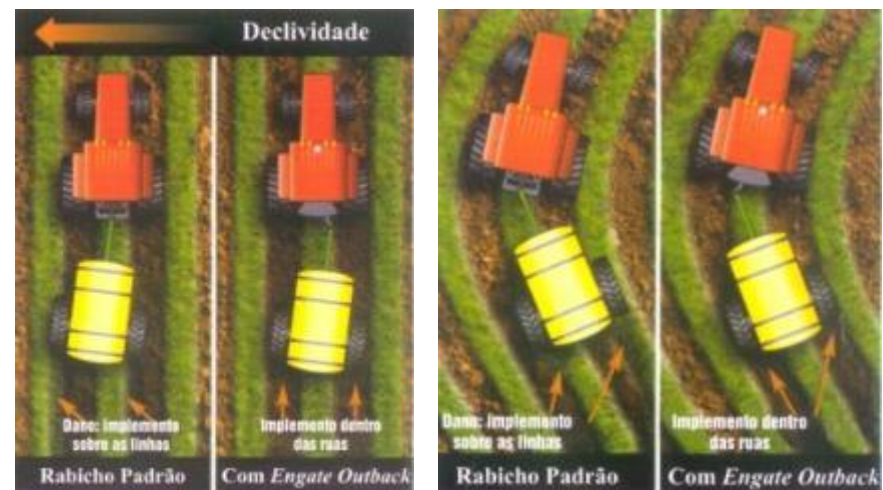
Sistemas Ativos

Trimble

Atuadores hidráulicos lineares direcionando a máquina atrás do trator



Deslocamento lateral da barra de tração para equipamentos de arrasto



Rodado traseiro de semeadora esterçante



www.CaseIH.com

Disco esterçante

www.orthman.com



Barra de tração com atuadores hidráulicos

www.JohnDeere.com



Disco esterçante



Atuador hidráulico linear direcionando a máquina atrás do trator

Sistema Passivo



Uso de GNSS na construção civil está mais avançado que na agricultura



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

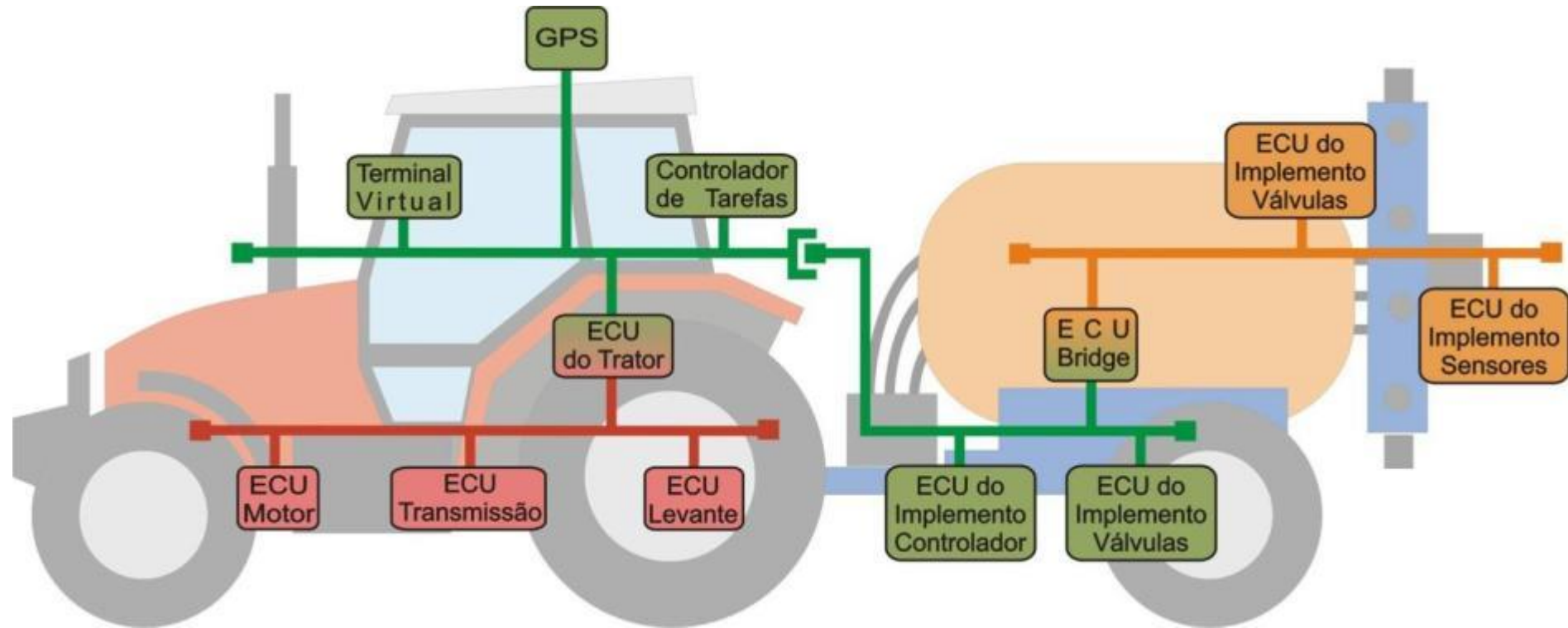
Potência elétrica para acionamentos



Padronização da comunicação eletrônica entre o trator e a máquina



Padronização da comunicação eletrônica entre o trator e a máquina



Padrão ISOBUS 11783



AGRICULTURAL INDUSTRY
ELECTRONICS FOUNDATION

2008 – sete empresas fundadoras

2012 – mais de 140 empresas membros

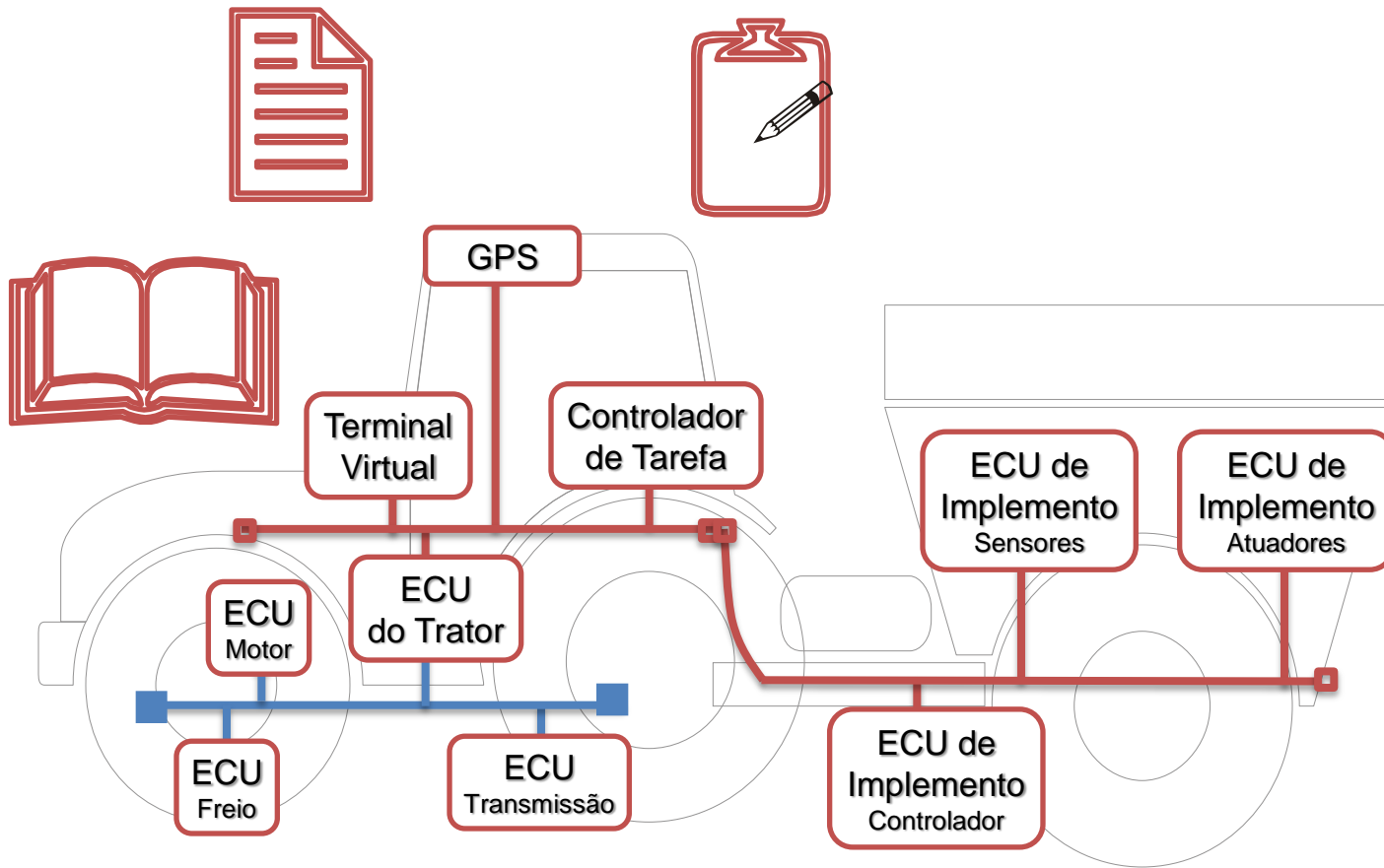
Funcionalidades:

1. UT - Terminal Universal
2. AUX-N – controle auxiliar (ex.: joystick)

Task Controllers:

3. TC-BAS – controlador de tarefas básico (documentação de valores totais de trabalho realizado)
4. TC-GEO – controlador de tarefas georreferenciadas (dados com coordenadas)
5. TC-SC – controlador de tarefas com controle de seção (pulverização, semeadura)
6. TECU – ECU básica do trator (velocidade RPMs, etc)
7. TECU-A – ECU avançada do trator (comunicação bidirecional – “implemento controla o trator”)
8. SQC – controle sequencial (ex.: manobras de cabeceiras)

ISO11783 - ISOBUS



- Parte 1
- Parte 2
- Parte 3
- Parte 4
- Parte 5
- Parte 6
- Parte 7
- Parte 8
- Parte 9
- Parte 10
- Parte 11
- Parte 12
- Parte 13

Norma ISOBUS 11783

... que tem como elemento central (para o usuário) o “terminal universal”



... controlando adubação em taxa variável



... controlando as seções da barra de um pulverizador



... monitorando a semeadura (“monitor de plantadeira”)



Agrishow, 2014



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

Telemetria

Funções:

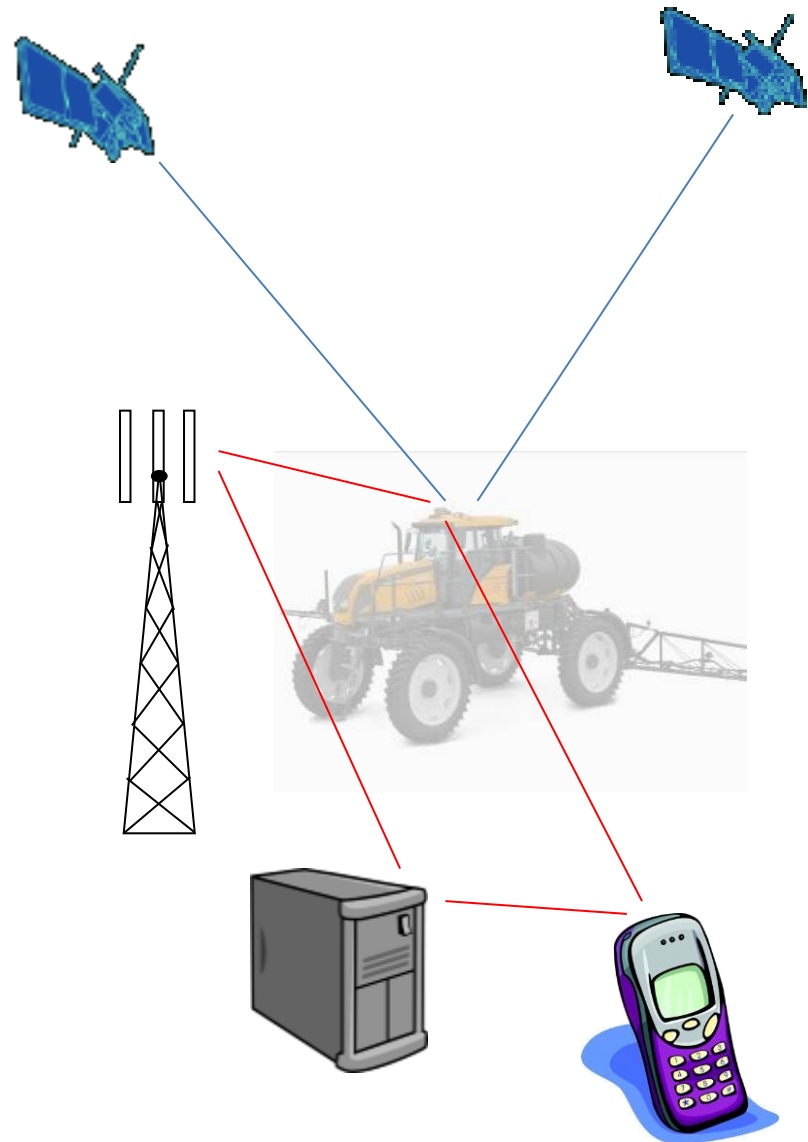
Coletar

Gravar

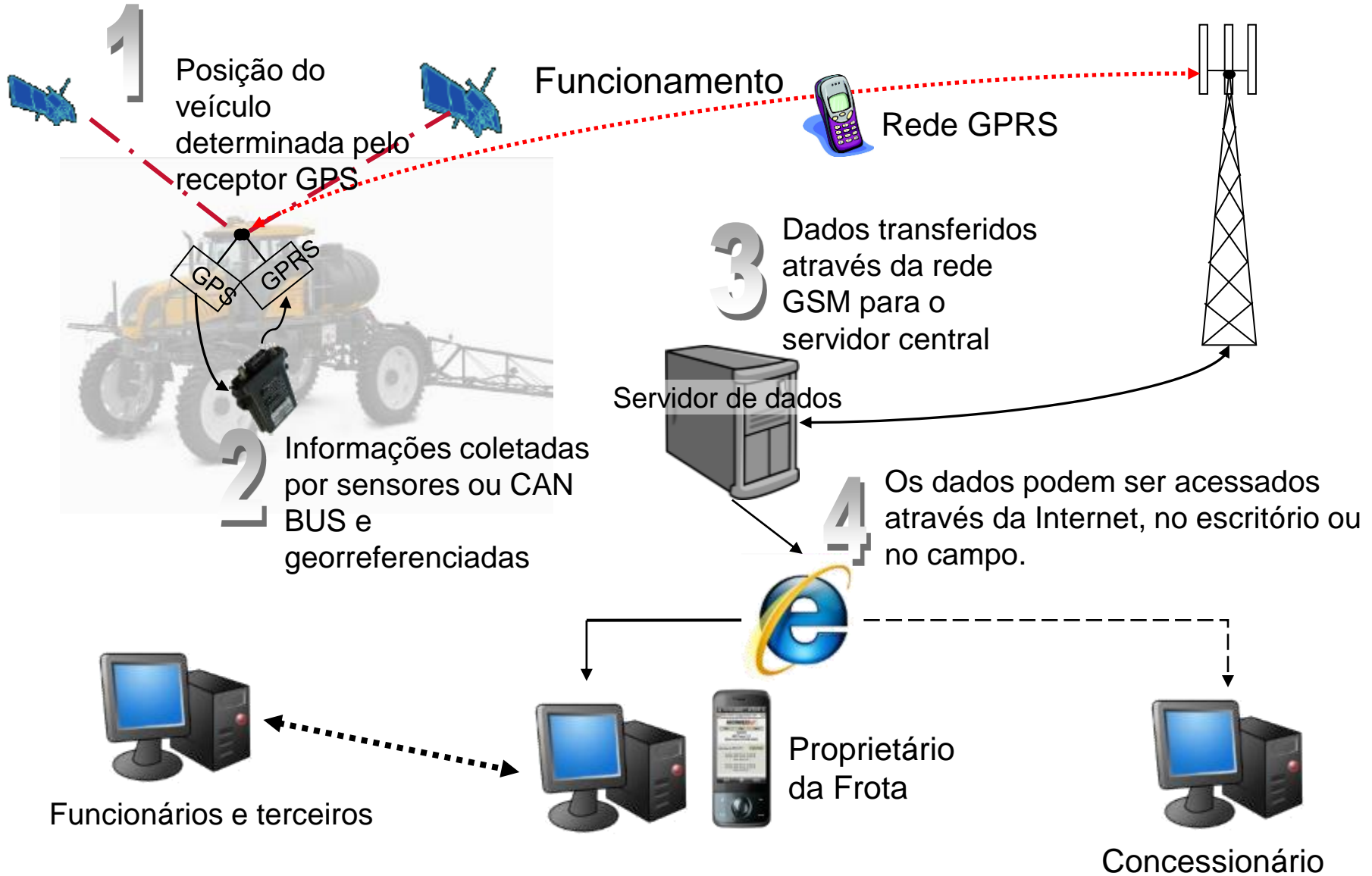
Enviar

Analisar

DADOS!



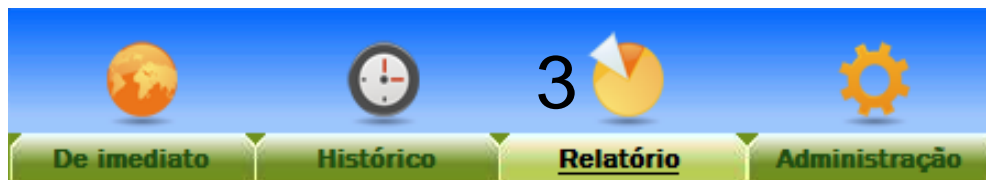
Ex. Sistema AGCOMMAND



Relatórios

- Os principais relatórios disponíveis no AGCOMMAND são:

- Relatório de Dados
- Relatório de Serviço
- Relatório de Tempo do Motor
- Relatórios de Eficiência
- Relatório de Campo
- Relatório Comparação



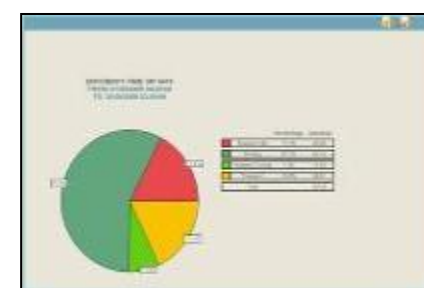
MACHINE OVERVIEW FROM: 17/11/2009 00:00:00 - TO: 17/11/2009 23:59:59

BOOKING	DATE	EFFICIENCY(%)	DISTANCE(KM)	ENGINE HOURS	STOPPED HOURS	WORKING HOURS	MASSAGE HOURS	TRANSFER HOURS	FUEL CONSUMPTION(L/HK)	FUEL TOTAL(L)	TOTAL ENGINE HOURS
Manitou MLA	17/11/2009	53.2	25.75	00:00:00	01:05:13	01:45:33	00:00:12	00:27:20	0.0	0.0	0.0
MP 8920	17/11/2009	0.1	14.09	04:00:00	02:03:12	00:00:00	00:03:30	00:10:04	0.0	0.0	3033.0
Sum	17/11/2009		40.34	04:00:00	03:08:25	01:46:33	00:03:46	01:37:24		0.0	3033.0
Average	17/11/2009	26.9	20.17	02:00:00	04:23:12	00:53:06	00:00:52	00:24:17	0.0	0.0	1507.5

AGCOMMAND

Search for meter

Machine	Date	Actual	Eff	Total amount	Ta total	Day total	Days in field	Operator	Service type	Service cost	Comments
87202		100	h	200	100	2507:00	-74	K	General inspection		
87202		100	h	50	-50	2507:00	-74	K	Oil service		1 service
87202		200	h	200	-0	2708:00	-41	K	Oil service		
87202		200	h	-50	-210	2708:00	-41	K	Oil service		

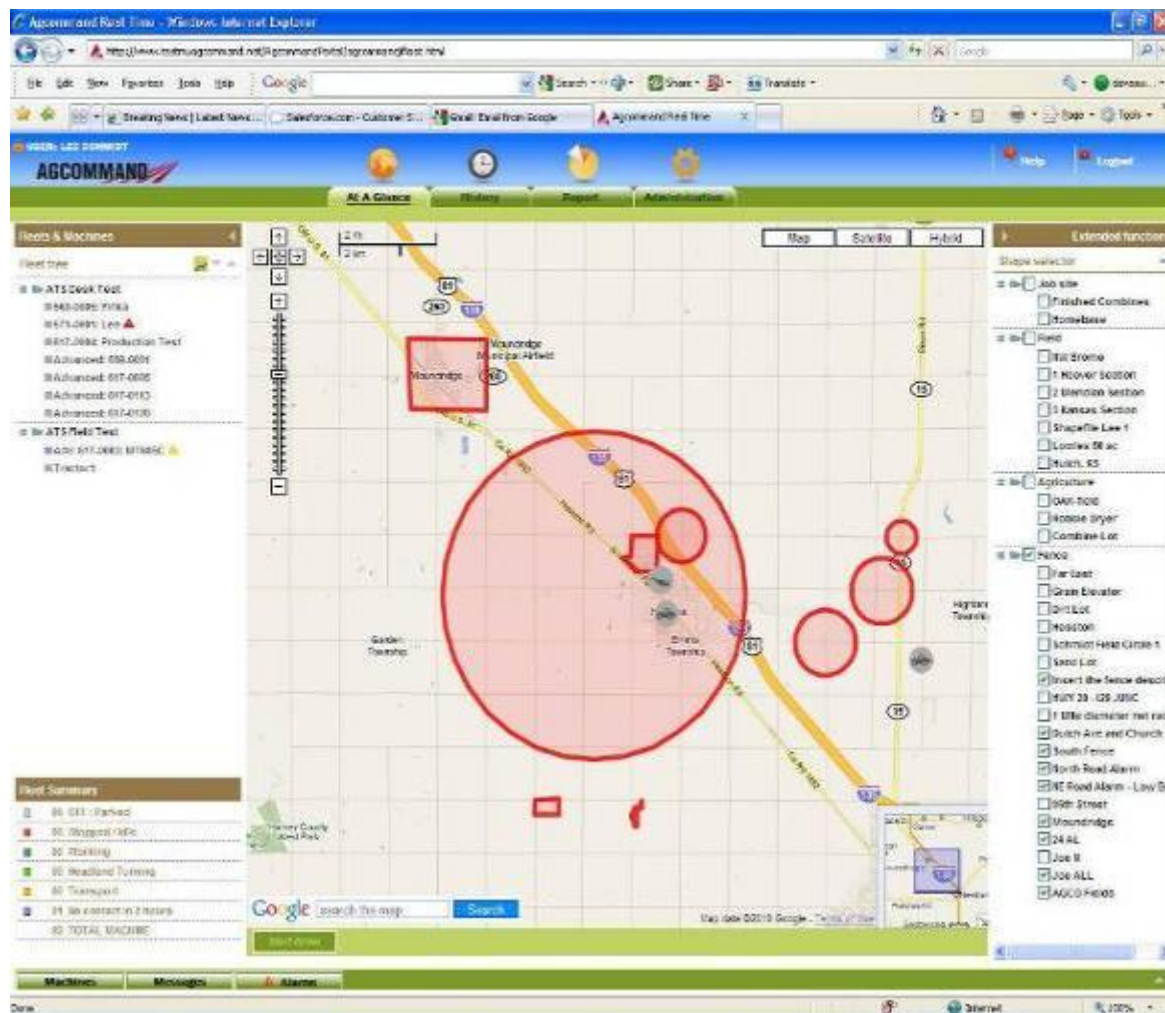


Geoformas e Cerca Limitadoras

Geoforma (Áreas)



Cerca Limitadora - Alarmes



Comunicação entre os conjuntos mecanizados

Normalmente via Wi-Fi

Para informar um ao outro:

Parâmetros da operação

Onde cada um já trabalhou

Produzir o relatório da operação para a lavoura em arquivo único

Já passou

Ainda não passou Já passou



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

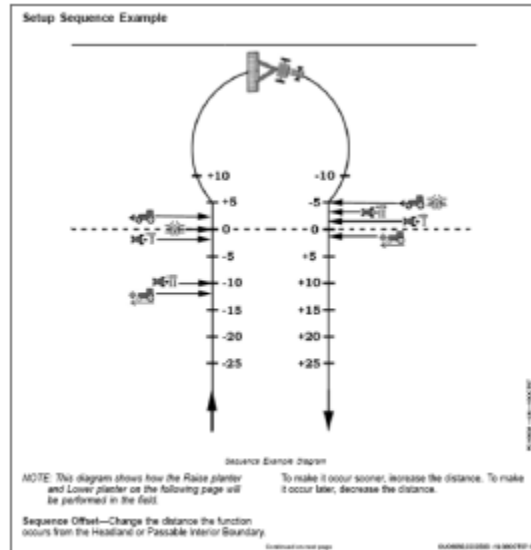
Potência elétrica para acionamentos

Veículos autônomos - a robótica aplicada à agricultura



Blackmore, 2006

Intelligent Total Equipment Control (John Deere iTEC Pro™ Guidance Systems)



Setup Sequences

Sequence	Function	Distance	Offset
1	3.5 (m/s)	-12.0 (m)	
2	Plant	-18.0 (m)	
3	Plant	-2.0 (m)	
4	Plant	0.0 (m)	
5	Plant	2.0 (m)	

Raise Planter Sequence

A—Sequence Drop-Down Menu C—Function
B—Reset/Stop Button D—Auto

Setup Sequences

Sequence	Function	Distance	Offset
1	Plant	0.0 (m)	
2	Plant	5.0 (m)	
3	Plant	-4.0 (m)	
4	Plant	-2.0 (m)	
5	3.5 (m/s)	1.0 (m)	

Lower Planter Sequence

E—Distance G—Next Function Page
F—Previous Function Page

QU00000000-10-9000707-00

Tecnologia de manobra autônoma de cabeçeiros



Medalha de Ouro – Agritechnica 2011 - Hannover





Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

O maior fórum de discussões em Engenharia de Tratores

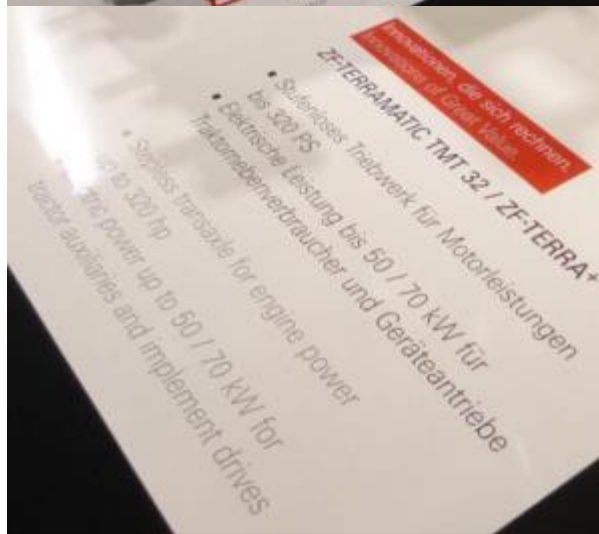
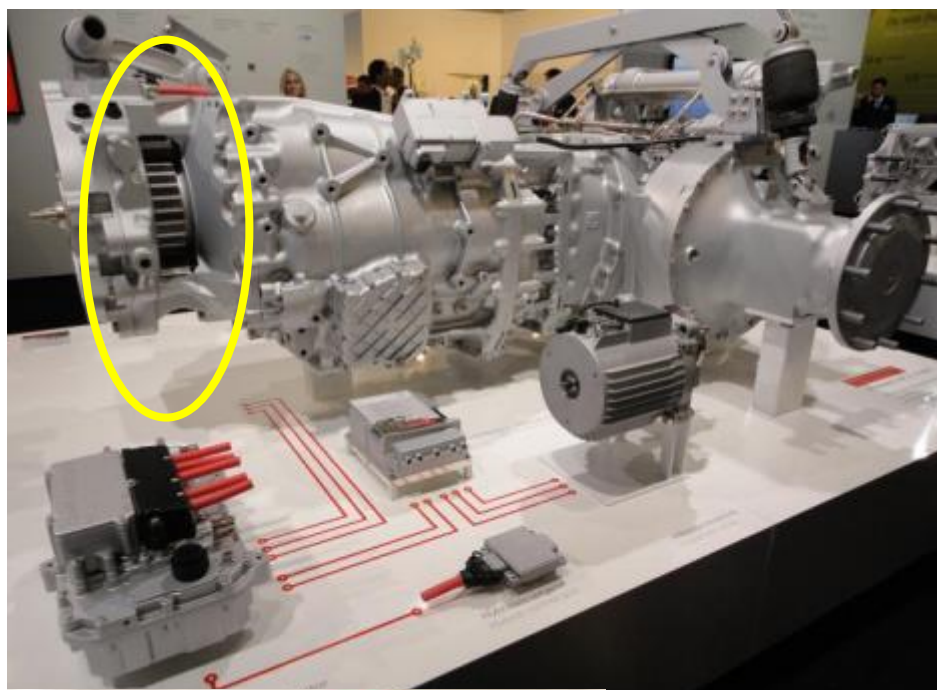


LAND-TECHNIK AgEng 2011

Participants AgEng Hannover



A eletrificação do trator



Agritechnica 2011



Prof. J. P. Molin



POWER GENERATOR

WELCH POWER FOR SMART FARMING IN GIN

Der ePower Generator ermöglicht den Betrieb elektrifizierter Landmaschinen mit einer Leistung bis zu 100 kW (AC und/oder DC).



Beim neuen ePower Generator handelt es sich um eine komplett neu entwickelte Systemlösung, die elektrische Energie an herkömmlichen Traktoren für den mobilen Einsatz zur Verfügung stellt.

GKN Walterscheid wird das System für die verschiedenen Anbauformen des Traktors, zum Beispiel für den Frontanbau oder aufgesetzt auf einen Anhängerbock, anbieten.



Agritechnica 2011



LAP
Laboratório de Agricultura de Precisão

Prof. J. P. Molin

Níveis de implementação da eletrificação em tratores agrícolas:

Conversão	Substituir os acionamentos convencionais por elétricos	Melhorar a eficiência dos componentes Melhorar o controle
Extensão	Estender a funcionalidade das máquinas com a adoção de drives elétricos	Adicionar novas funções Melhorar a funcionalidade
Propósito	Mudar o layout e o princípio de funcionamento total da máquina	Melhorar o desempenho Melhorar a eficiência do sistema

Intensidade:

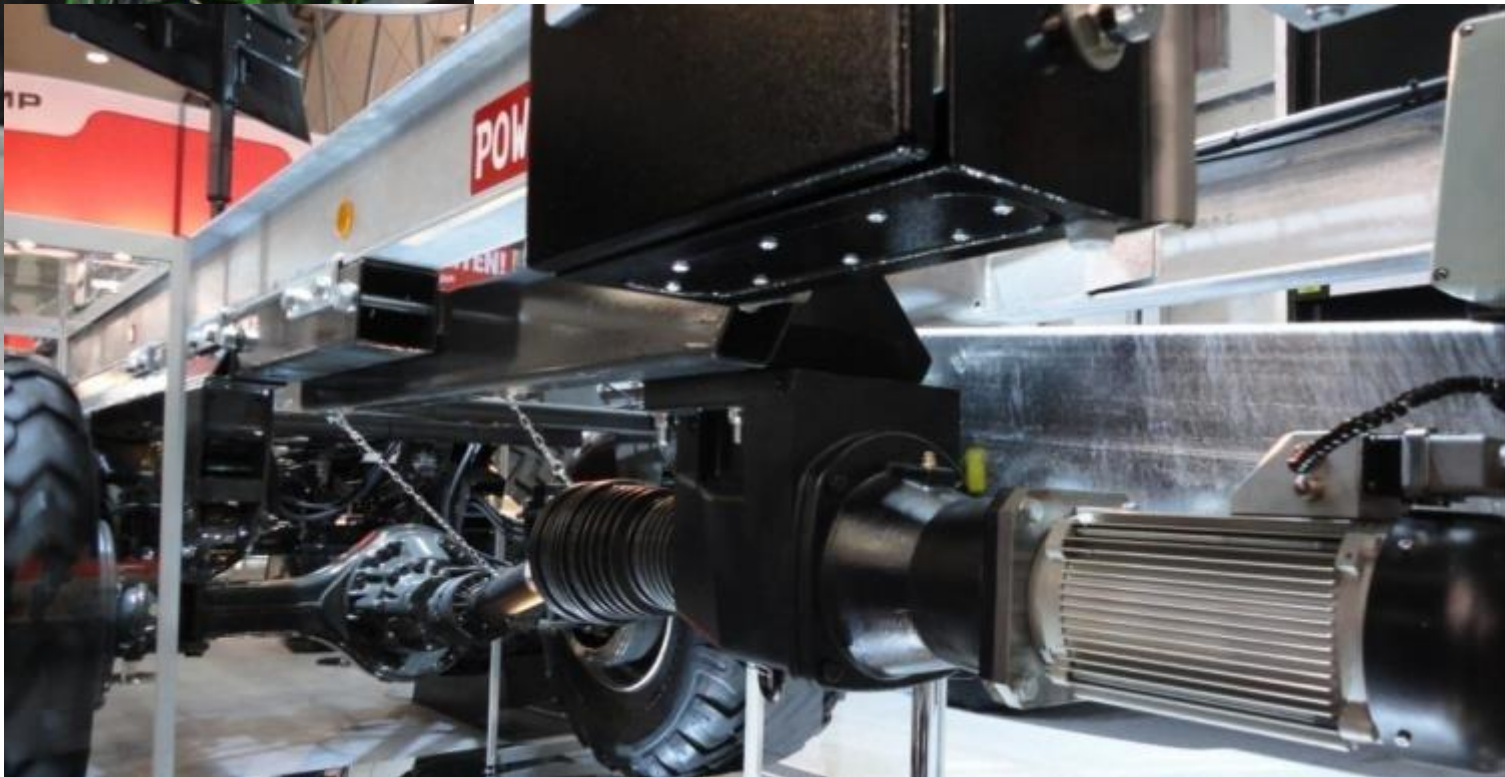
Parcial	Eletrificação de alguns grupos funcionais da máquina
Total	Eletrificação total da máquina



Agritechnica 2011



Prof. J. P. Molin



Agritechnica 2011



Prof. J. P. Molin



Agritechnica 2011



Electricity is added to mechanical and hydraulic power supply



Electrical power supply
(e.g. 2x 150 kW), inclusive
communication and
power for control

Hydraulic power supply
(e.g. 40 kW)

ISOBUS

Mechanical power take off
(e.g. 150 kW)

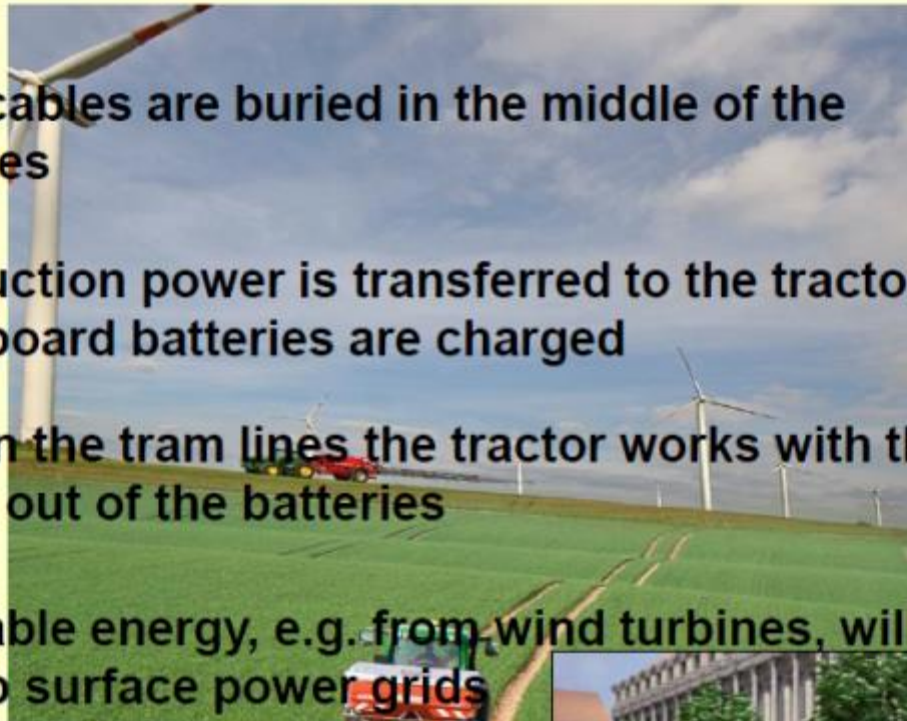


Power cables are buried in the middle of the tram lines

Via induction power is transferred to the tractor and the on board batteries are charged

Between the tram lines the tractor works with the energy out of the batteries

Renewable energy, e.g. from wind turbines, will be fed into sub surface power grids

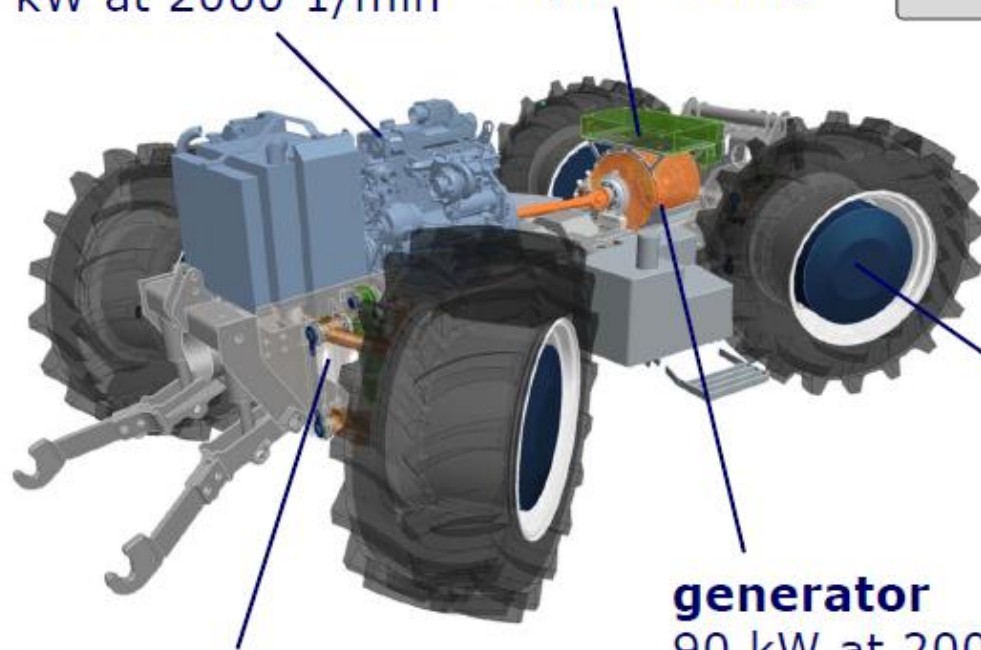




Agritechnica 2011

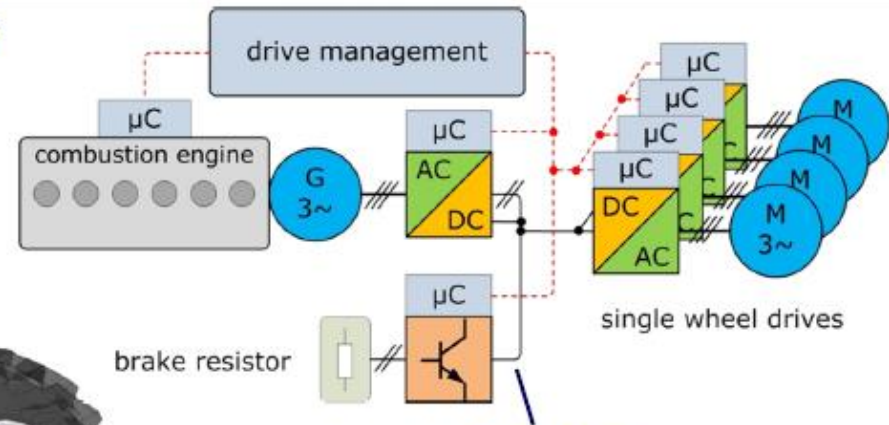
combustion engine
95 kW at 2000 1/min

brake resistor
 $P_{nenn} = 40 \text{ kW}$
 $P_{max} = 200 \text{ kW}$
liquid cooling



suspension
4-wheel steering with hydro-
pneumatic single wheel
suspension

generator
90 kW at 2000 1/min
liquid cooling



DC Link
350 – 650 V
max. 700 V

4 wheel drives
tire 540/60 R28
 $v_{max} = 65 \text{ km/h}$
 $M_{nenn} = 8200 \text{ Nm}$
 $M_{max} = 14000 \text{ Nm}$
 $P_{nenn} = 33 \text{ kW}$
 $P_{max} = 44 \text{ kW}$
liquid cooling

RIGITRAC EWD 120 - DIESEL ELECTRIC





Agritechnica 2011

Trator movido a hidrogênio



LAP
Laboratório de Agricultura de Precisão

Prof. J. P. Molin