



LEB 5004 – Estudos Avançados em
Máquinas Agrícolas

Máquinas Aplicadoras de Fertilizantes e Corretivos

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



www.agriculturadeprecisao.org.br

Objetivos específicos

- Rever os conceitos e caracterizar as partes constituintes mais importantes das máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos
- Estabelecer formas de avaliar o desempenho dessas máquinas

LEITURA COMPLEMENTAR

MIALHE (1996):

- Capitulo 10

Tipos de fertilizantes e corretivos

- Orgânicos
 - Sólidos
 - Pastosos
 - Líquidos
- Químicos
 - Sólidos (granulados/pó)
 - Líquidos
 - Gasosos
- Corretivos
 - sólidos

Mecanismo dosador e mecanismo distribuidor

- Mecanismo dosador
 - define a vazão de produto

Mecanismo distribuidor

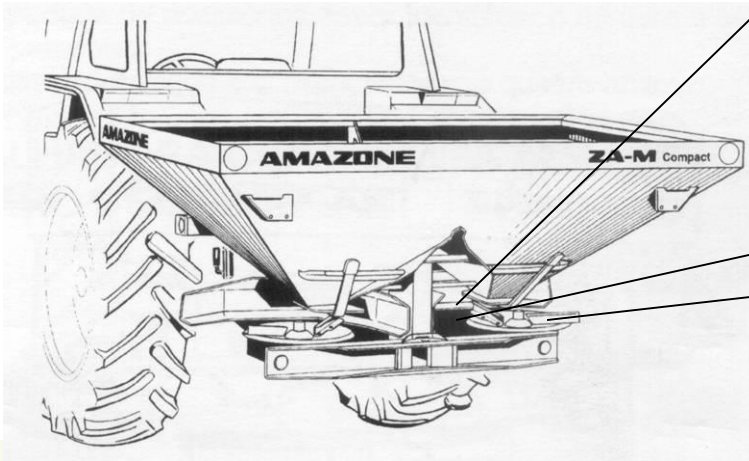
- define a forma e a largura da deposição

Mecanismos dosadores

- Gravitacionais
 - abertura regulável e agitador
- Volumétricos
 - esteira
 - rosca sem-fim
 - rodas denteada

MECANISMOS DOSADORES

- Gravitacionais
 - abertura regulável e agitador
- Volumétricos
 - esteira
 - rosca sem-fim
 - rodas denteada



Agitador

Abertura
regulável

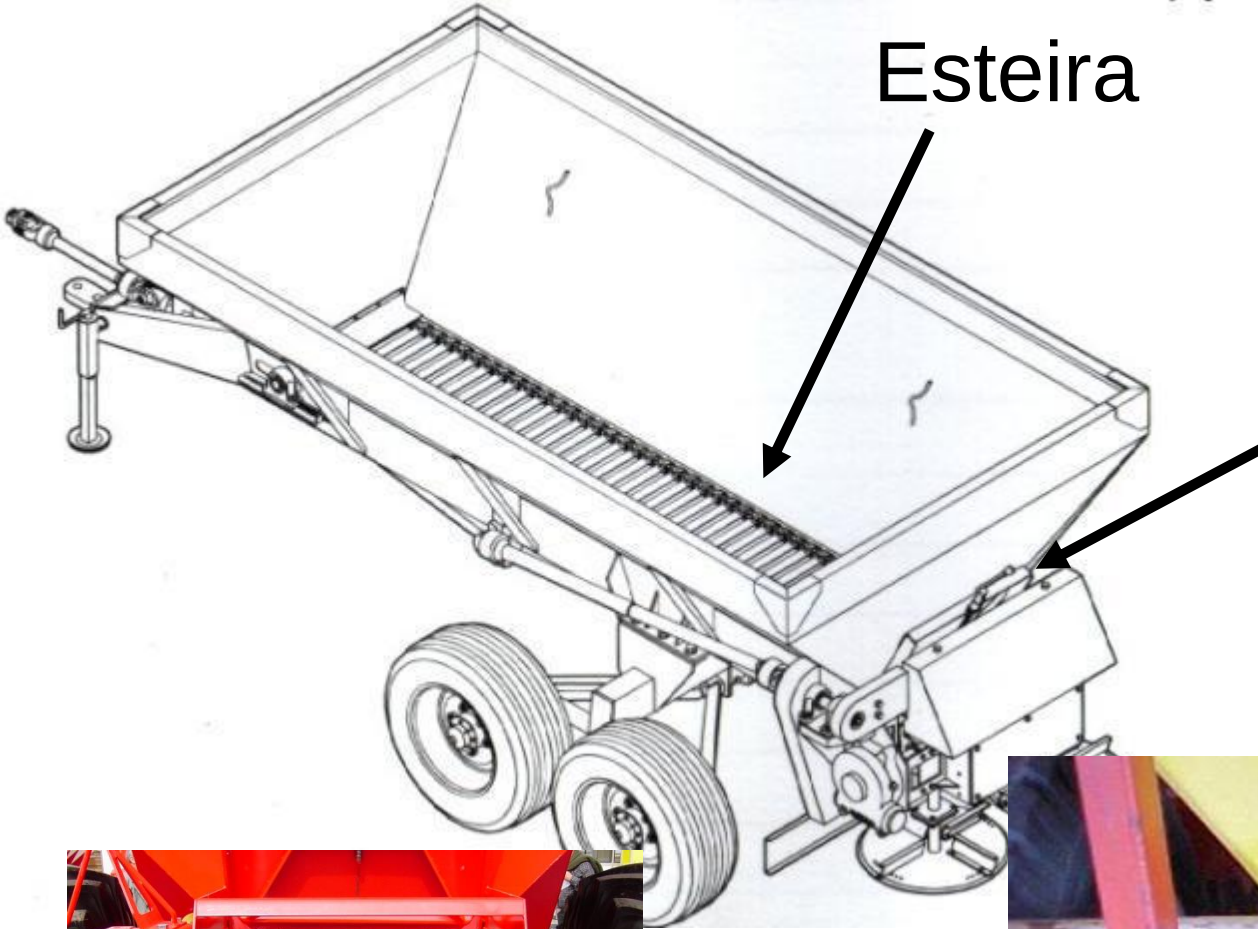


Mecanismo dosador gravimétrico



MECANISMOS DOSADORES

- Gravitacionais
 - abertura regulável e agitador
- Volumétricos
 - esteira
 - rosca sem-fim
 - rodas denteada



Esteira

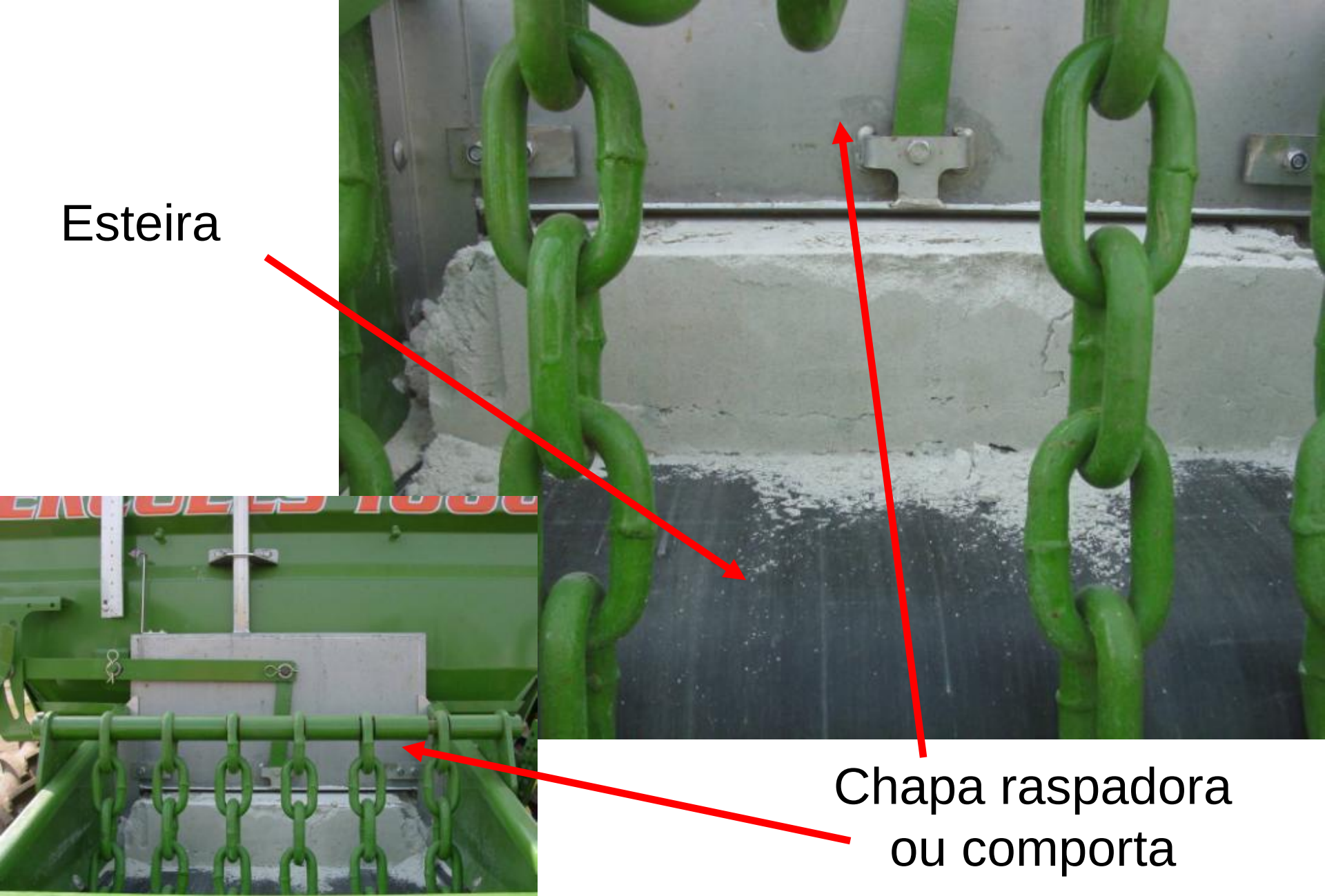
Chapa
raspadora ou
comporta



Esteira



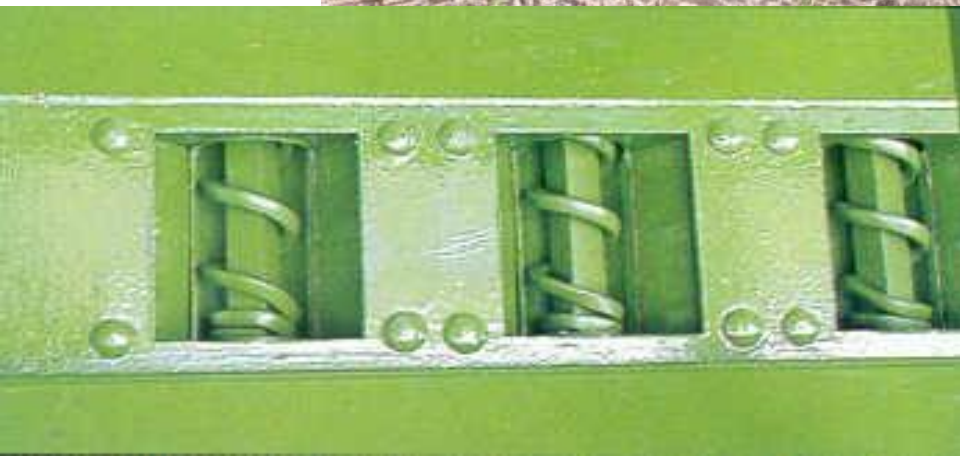
Esteira

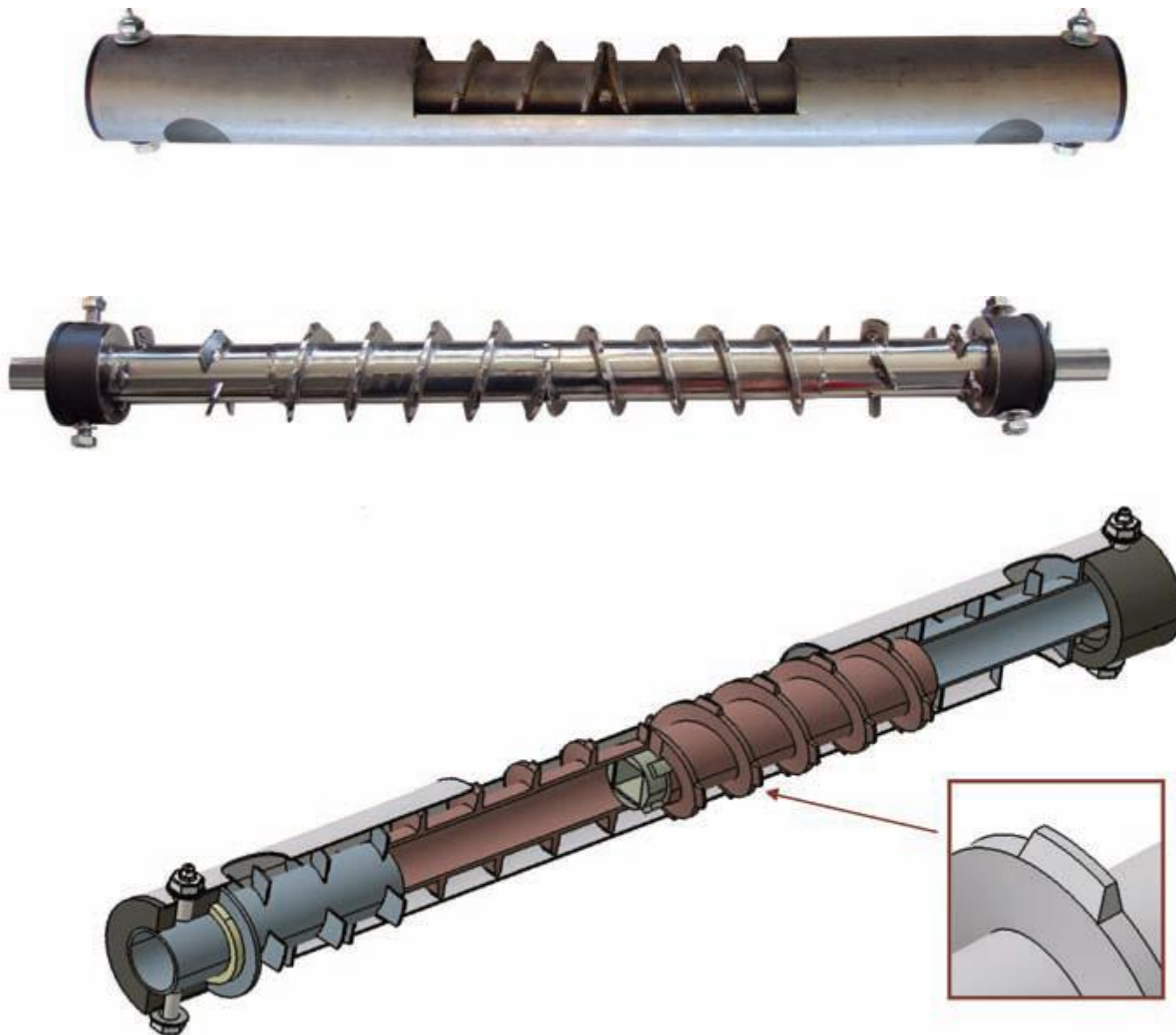


Chapa raspadora
ou comporta

MECANISMOS DOSADORES

- Gravitacionais
 - abertura regulável e agitador
- Volumétricos
 - esteira
 - rosca sem-fim
 - rodas denteada





Plasagro

**CONVENCIONAL
"B"**

**FERTISYSTEM
"B"**



Sistema com dispositivo para minimizar a intermitência causada pela rosca

MECANISMOS DOSADORES

- Gravitacionais
 - abertura regulável e agitador
- Volumétricos
 - esteira
 - rosca sem-fim
 - rodas denteada



MECANISMOS DISTRIBUIDORES

- Queda livre
- Centrífugo
- Pendular
- Pneumático

MECANISMOS DISTRIBUIDORES

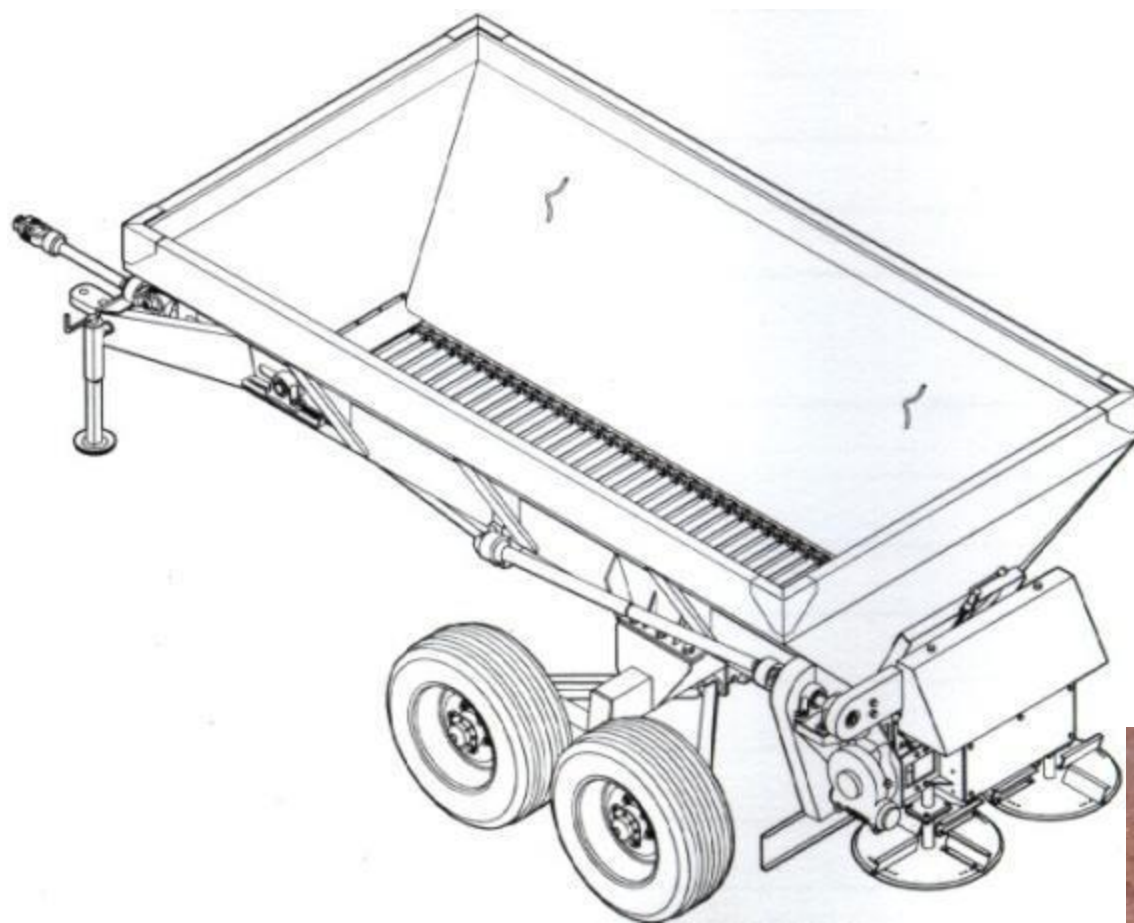
- Queda livre
- Centrífugo
- Pendular
- Pneumático





MECANISMOS DISTRIBUIDORES

- Queda livre
- Centrífugo
- Pendular
- Pneumático



MECANISMOS DISTRIBUIDORES

- Queda livre
- Centrífugo
- **Pendular**
- Pneumático



PENDULOS ESPECIAIS PARA ADUBADEIRAS SEMEADEIRAS - PS

Referencia/Modelo PS616605	Pendulo de Aço Inox para 2 faixas	Largura de Trabalho: de 10 metros Indicado para pomares em geral
		
Referencia/Modelo PS616601	Pendulo de Aço Inox para 2 faixas	Largura de Trabalho: de 1 a 2 metros Indicado para cultura de café denso
		
Referencia/Modelo PS616603	Pendulo de Aço Inox para 01 faixa (esquerdo)	Largura de Trabalho: 6 metros Indicado para tanques e açudes
		
Referencia/Modelo PS616602	Pendulo de Aço Inox para 01 faixa (direito)	Largura de Trabalho: 6 metros Indicado para tanques e açudes
		
Referencia/Modelo PS616600	Pendulo de Aço Inox para faixa total	Largura de Trabalho: de 5 a 6 metros Indicado para cultura de Laranja e outros
		
Referencia/Modelo PS616606	Pendulo de Aço Inox para faixa total	Largura de Trabalho: de 2 a 4 metros Indicado para cultura de Café
		
Referencia/Modelo 07665	Pendulo de Nylon para faixa total	Largura de Trabalho: de 6 a 15 metros Indicado para diversas culturas tais como: Semeadura a Lanço, Preparação do Solo, Pecuária, Plantações.
		
Referencia/Modelo 70445	Pendulo de Nylon para 2 faixas	Largura de Trabalho: de 3 a 10 metros Indicado para culturas de Café, Laranja, Maçã, pomares em geral
		

Nota: Os dados informativos na tabela podem variar de acordo com o grau de umidade, peso, tipo de material e condições de trabalho

" OUTROS ACESSÓRIOS, CONSULTE O NOSSO SITE "

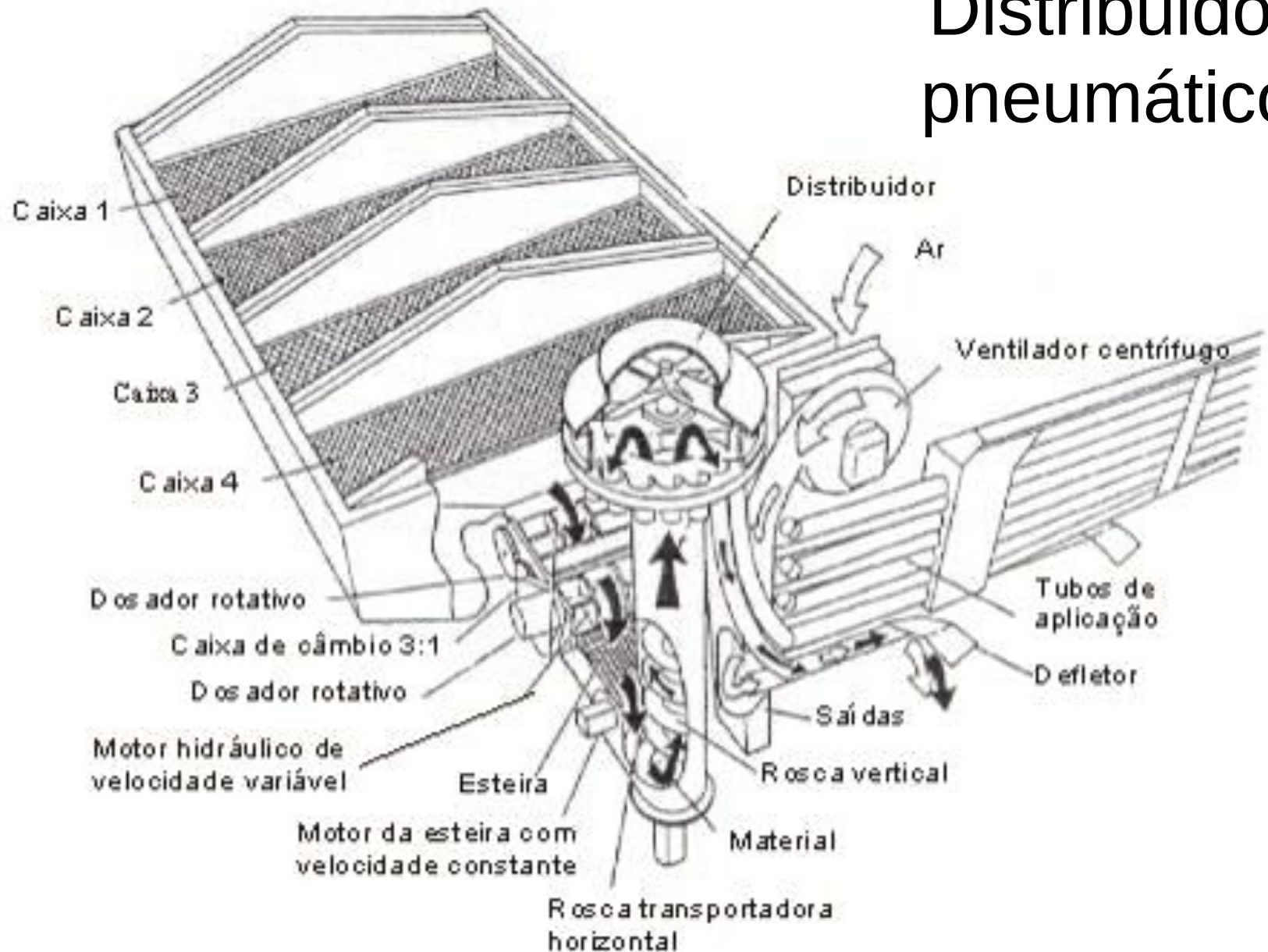


MECANISMOS DISTRIBUIDORES

- Queda livre
- Centrífugo
- Pendular
- **Pneumático**



Distribuidor pneumático



Outros aplicadores pneumáticos





TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação

TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação





Dosador volumétrico
de duas esteiras
independentes

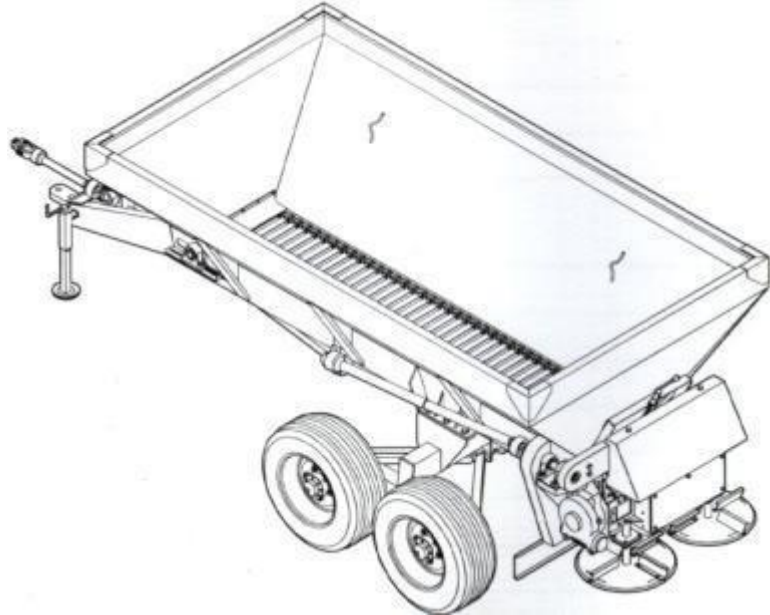






TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação





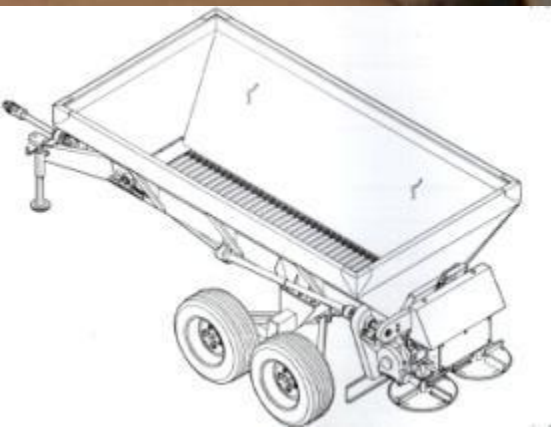


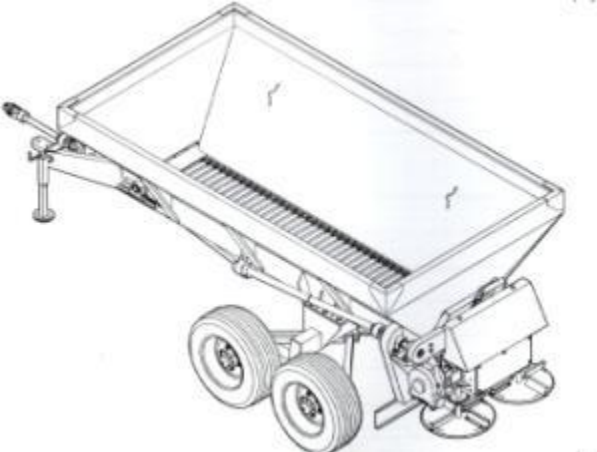
Star Line YOMEL

Tornado 3000

TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação







images.google.com.br



A adubação em superfície toma conta a partir de adubadoras a lanço...



TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- **Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas**
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação









Stara Sfil
BRUTTUS 12.000

Stara Sfil
BRUTTUS 12.000









TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- **Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais**
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação





Bizmaq/Verion
Agrishow 2011

TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- **Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos**
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação





TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos**
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação







TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- **Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos**
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação





TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação



TIPOS DE MÁQUINAS

- Aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço
 - montados
 - de arrasto
 - autopropelidos
- Aplicadores de fertilizantes e corretivos em faixas
- Aplicadores de fertilizantes de linhas individuais
- Injetores de fertilizantes líquidos e gasosos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos sólidos
- Distribuidores de fertilizantes orgânicos líquidos
- Máquinas especiais
 - avião agrícola
 - conjuntos de irrigação



O que avaliar

- Em todos os equipamentos: características dimensionais, ponderais e de segurança.
- Nos aplicadores de fertilizantes em linha:
 - o item de maior importância é a definição da regularidade de distribuição tanto longitudinal quanto transversal
 - a linearidade de resposta na vazão para acréscimos na velocidade
 - efeito do nível de fertilizante no reservatório
- Nos aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço, o item de maior importância é a definição da largura efetiva.

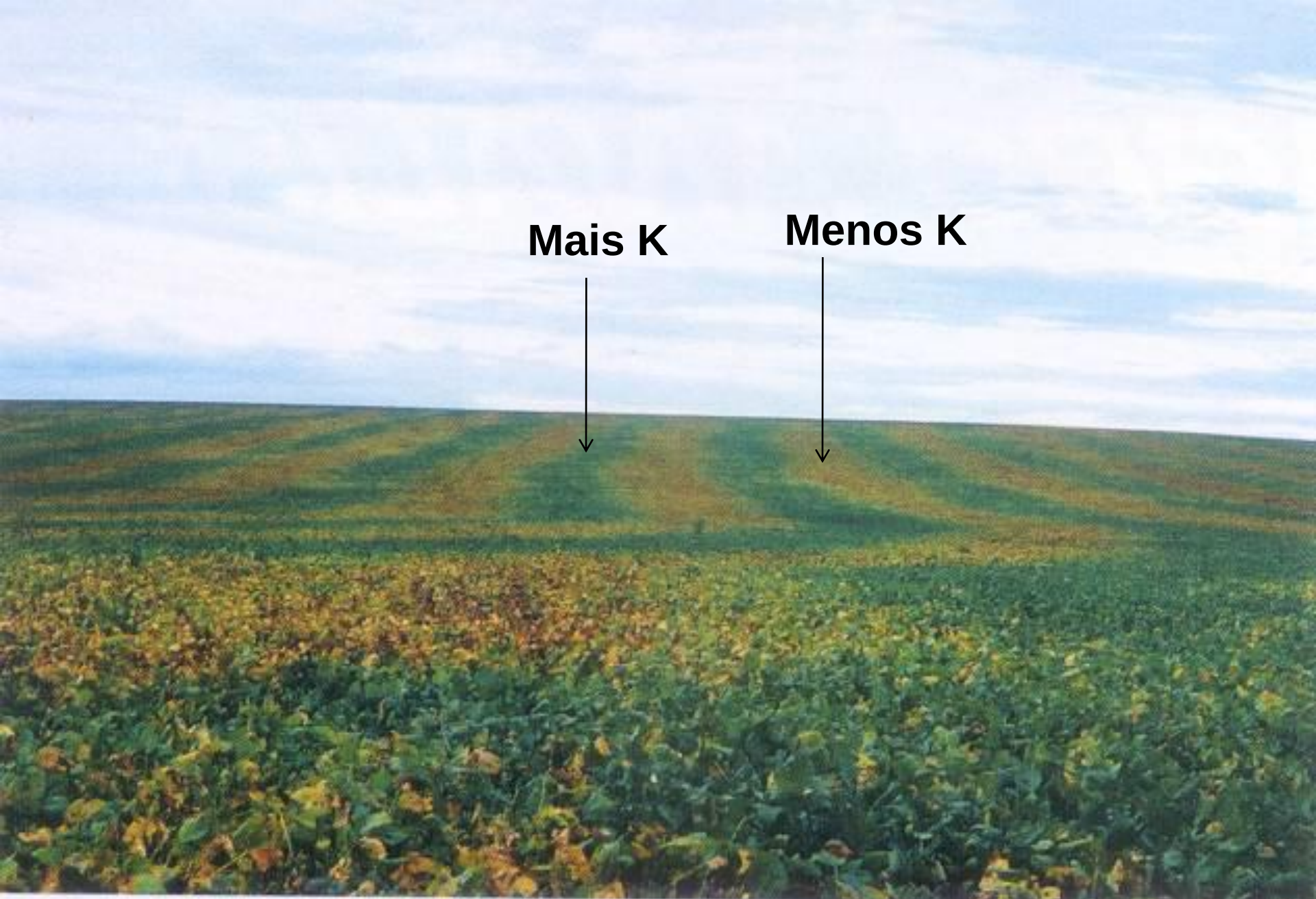












Mais K

Menos K

Resultado da aplicação desuniforme de potássio a lanço em solo arenoso, de segundo ano de cultivo e baixos teores de potássio.

FMT 2006

Prof. J. P. Molin





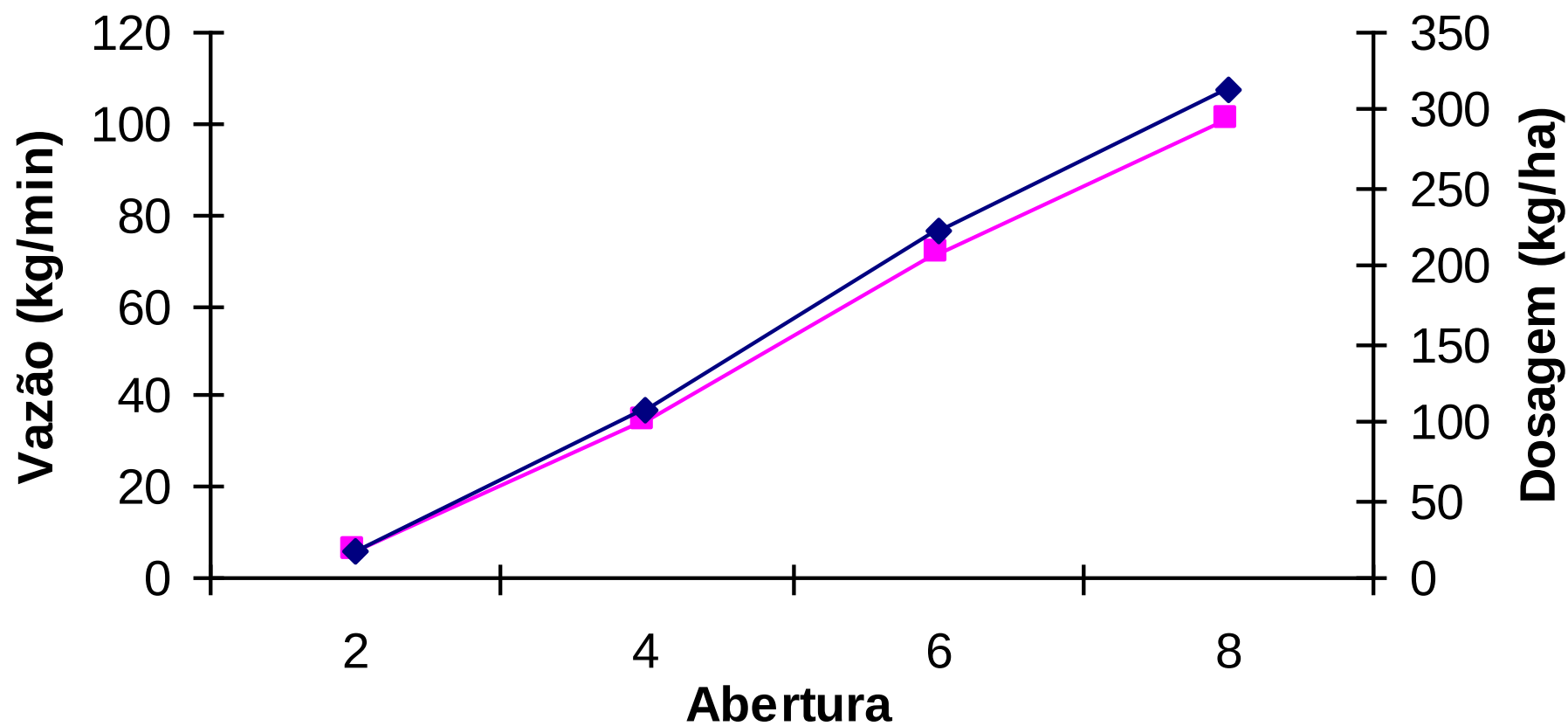


Determinação da vazão do mecanismo dosador



DCA 2
5500 RD SUPER TATU



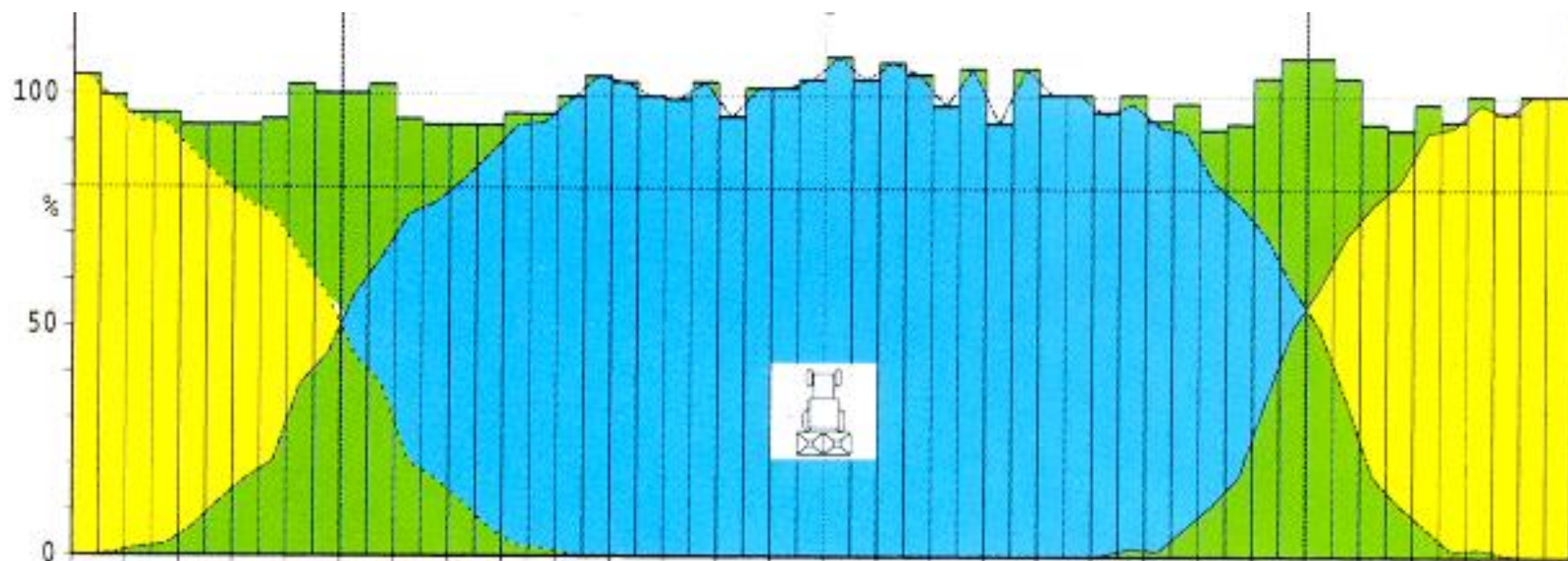


—■— vazão (kg/min)

—◆— dosagem (kg/ha)

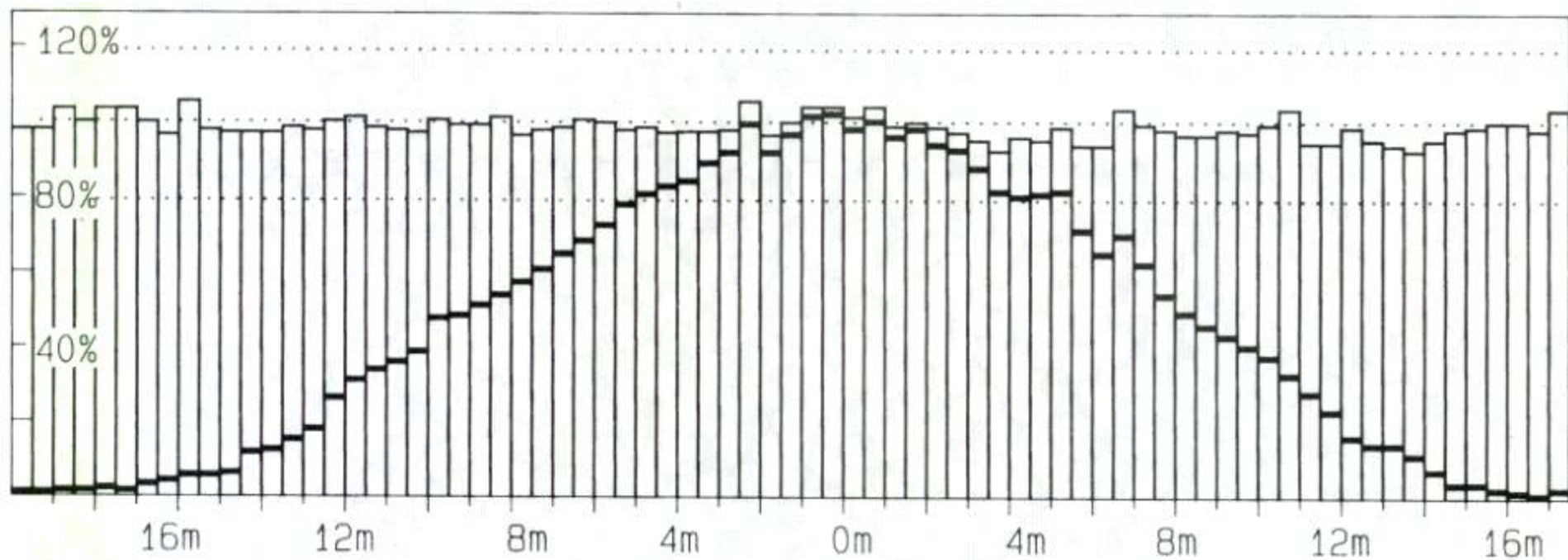
Caracterização da distribuição transversal



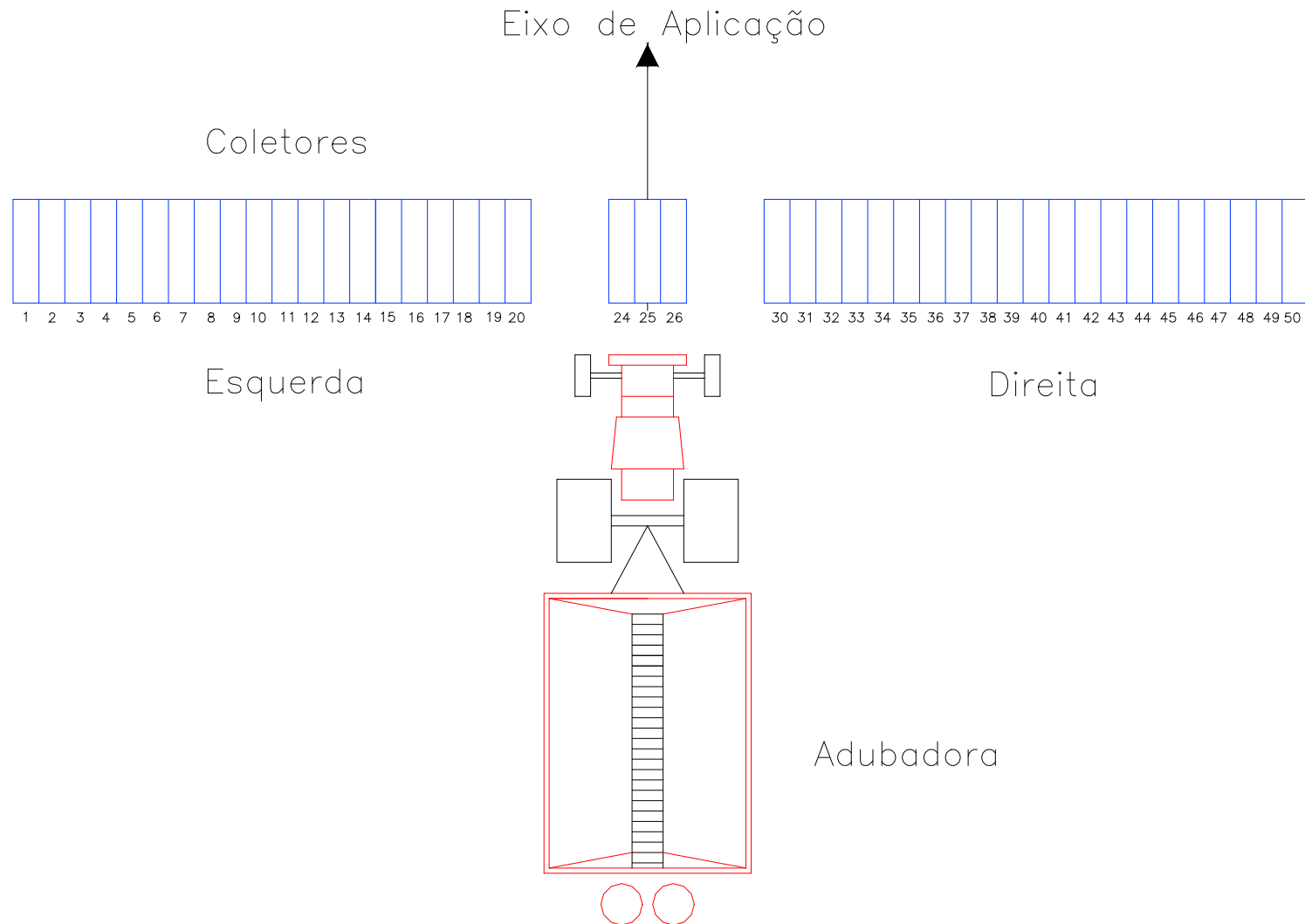


Adubo: KAS 27% N BASF - largura de trabalho: 18 m - dosagem (kg/ha) a 8 km/h :
 240,54 - desvio em +, máximo 8,51% - desvio em -, min. 7,08%.

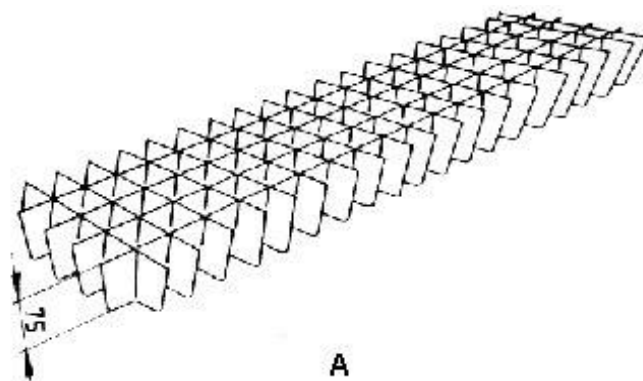
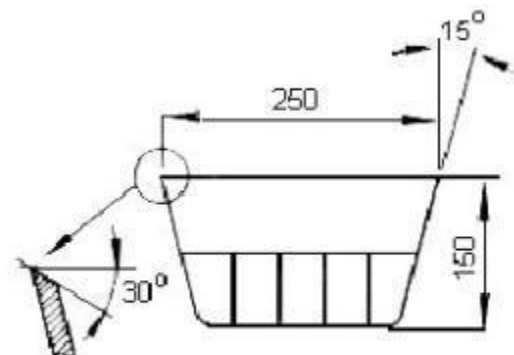
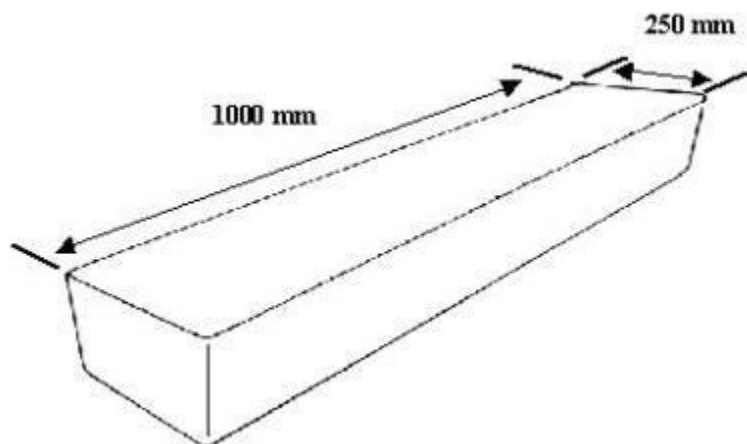
Coefficiente de variação 4,62%.



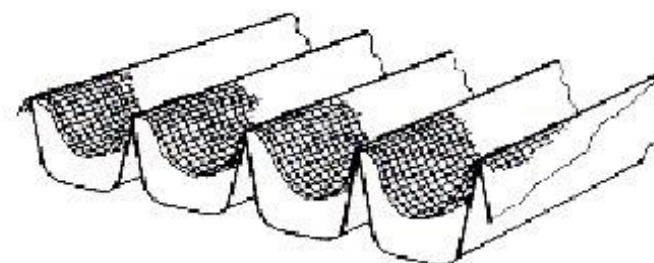
Procedimento de campo







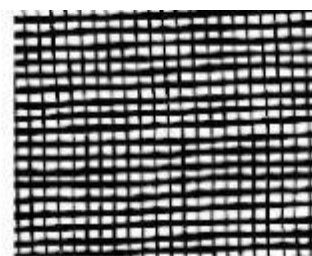
A



B



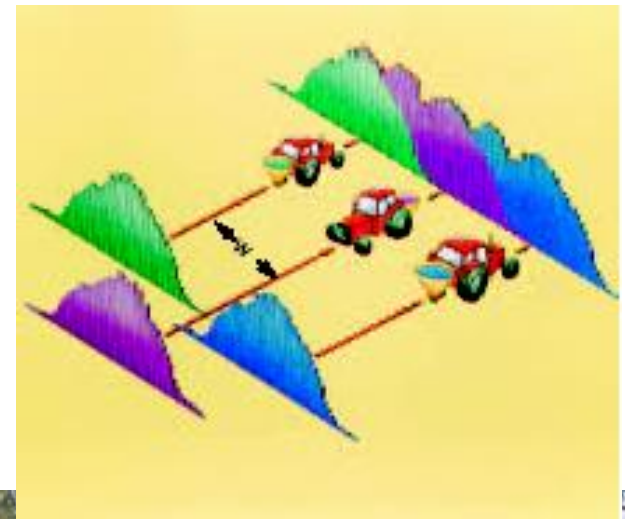
1: Sombrite 18%.

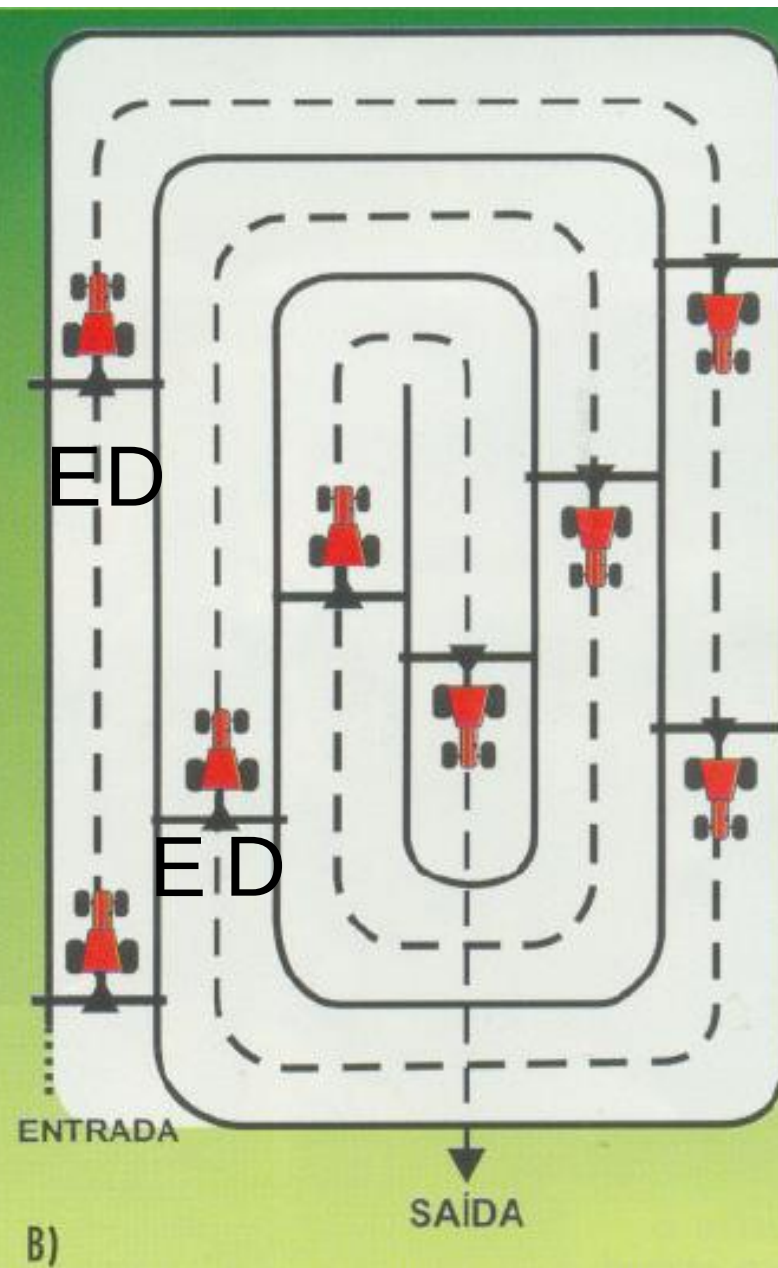
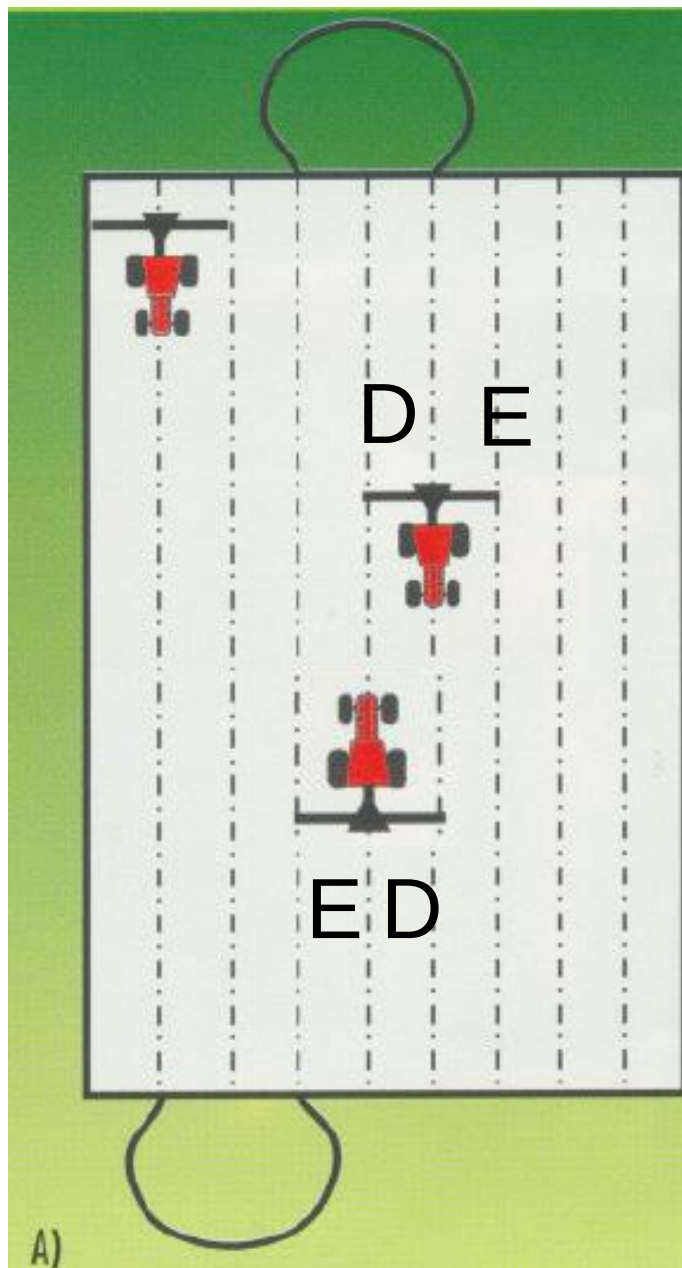


2: Sombrite 30%.



3: Malha 1/2"





Variáveis de discos:

Número de aletas

Comprimento das aletas (raio)

Posição radial das aletas

Ângulo de inclinação das aletas (concavidade do disco)

Altura dos discos em relação ao chão

Rotação dos discos

Ponto de queda do produto sobre os discos

Perfil das aletas (?)



Repetições

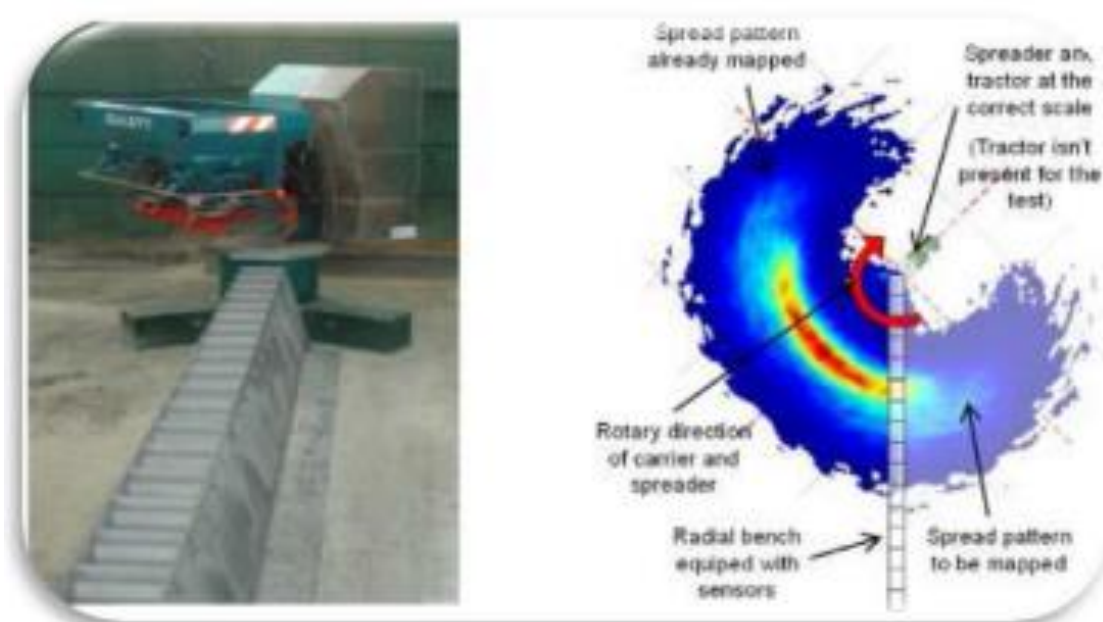








<http://www.amazone.co.uk/agricultural-products.asp?cid=6>



CEMIB@IRSTEA : Villette, Piron



Amazone Test Hall

COOL, S (2015)

Programa para
análise de distribuição
transversal de
adubadoras a lanço e
determinação da sua
largura efetiva

www.agriculturadeprecisao.org.br



Adulanco 3.1

Montagem do teste de campo
Manual de uso passo-a-passo
Análise de resultados



Coordenação:
Prof. J.P. Molin

www.agriculturadeprecisao.org.br

Colaboraram diretamente ao longo do
desenvolvimento do Programa e deste Manual:

gMAP - Grupo de Mecanização e Agricultura de Precisão

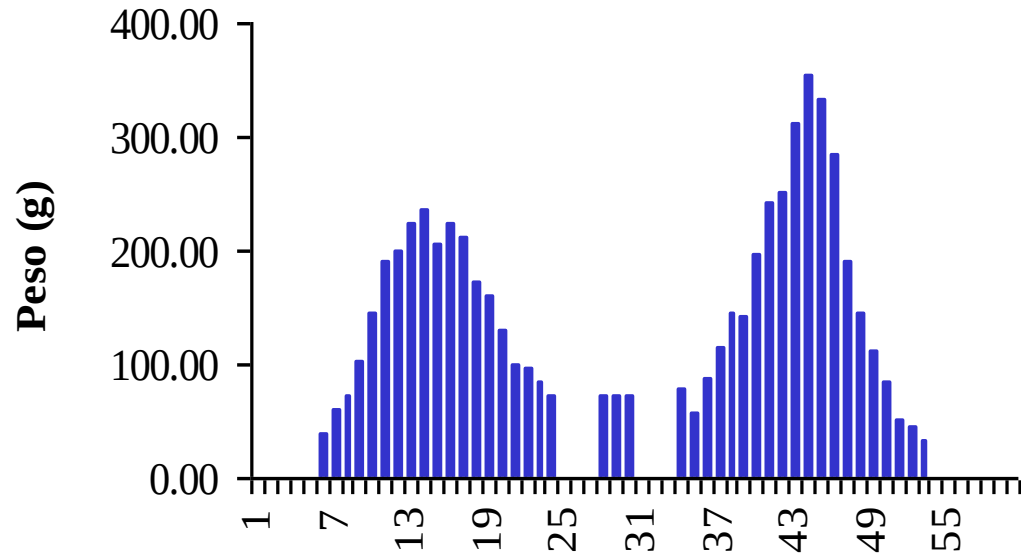
COELHO, J.L.D.

GONÇALVES, A.O.

MENEZES, L.A.

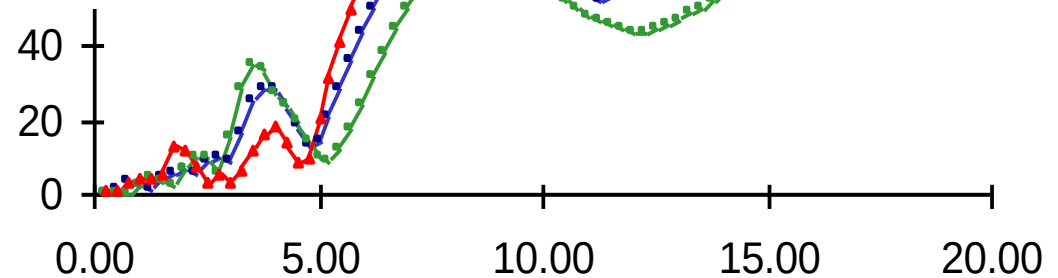


Calcario - 3,75 m/s



Coletor

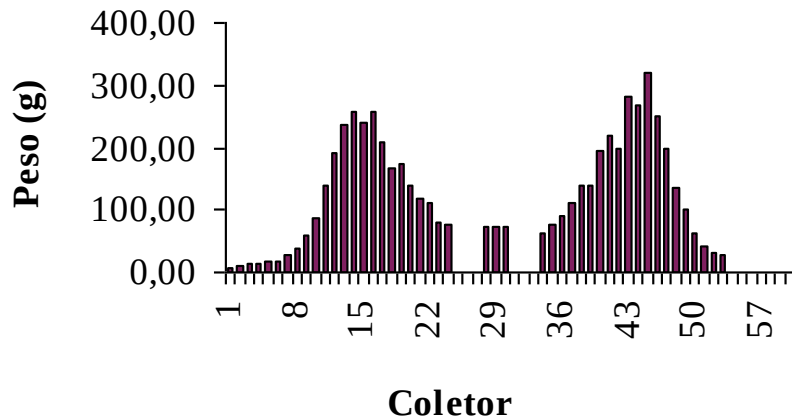
C.V.



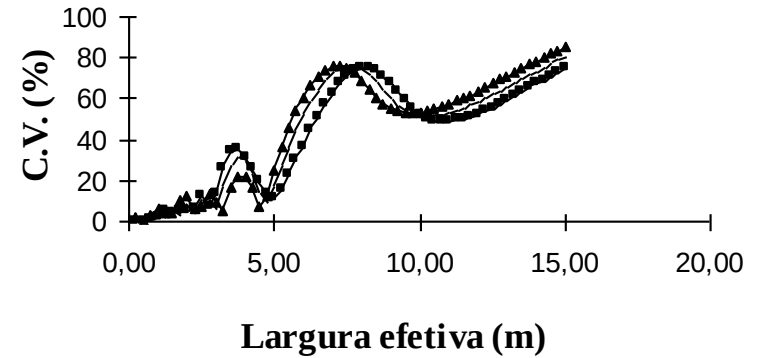
Largura efetiva (m)



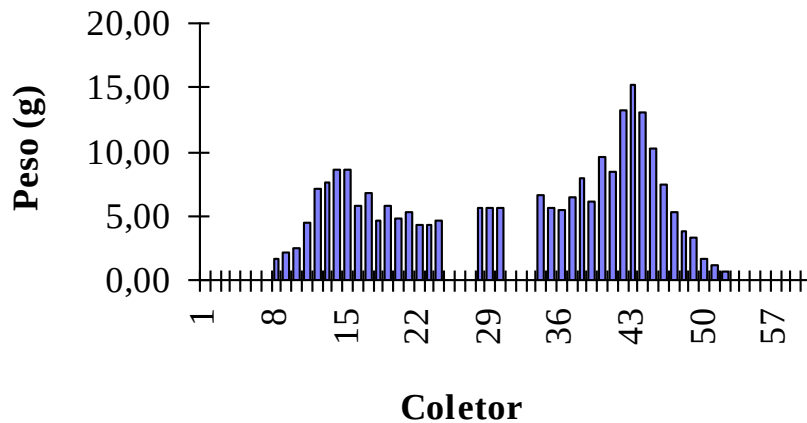
Calcario - 2,20 m/s



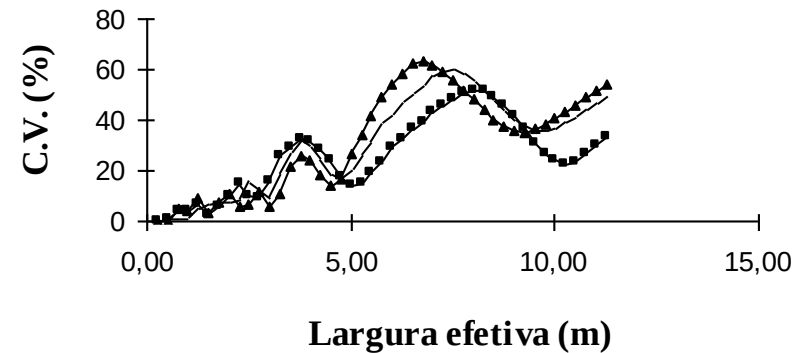
Calcário - 2,2 m/s



Aveia - 3,75 m/s

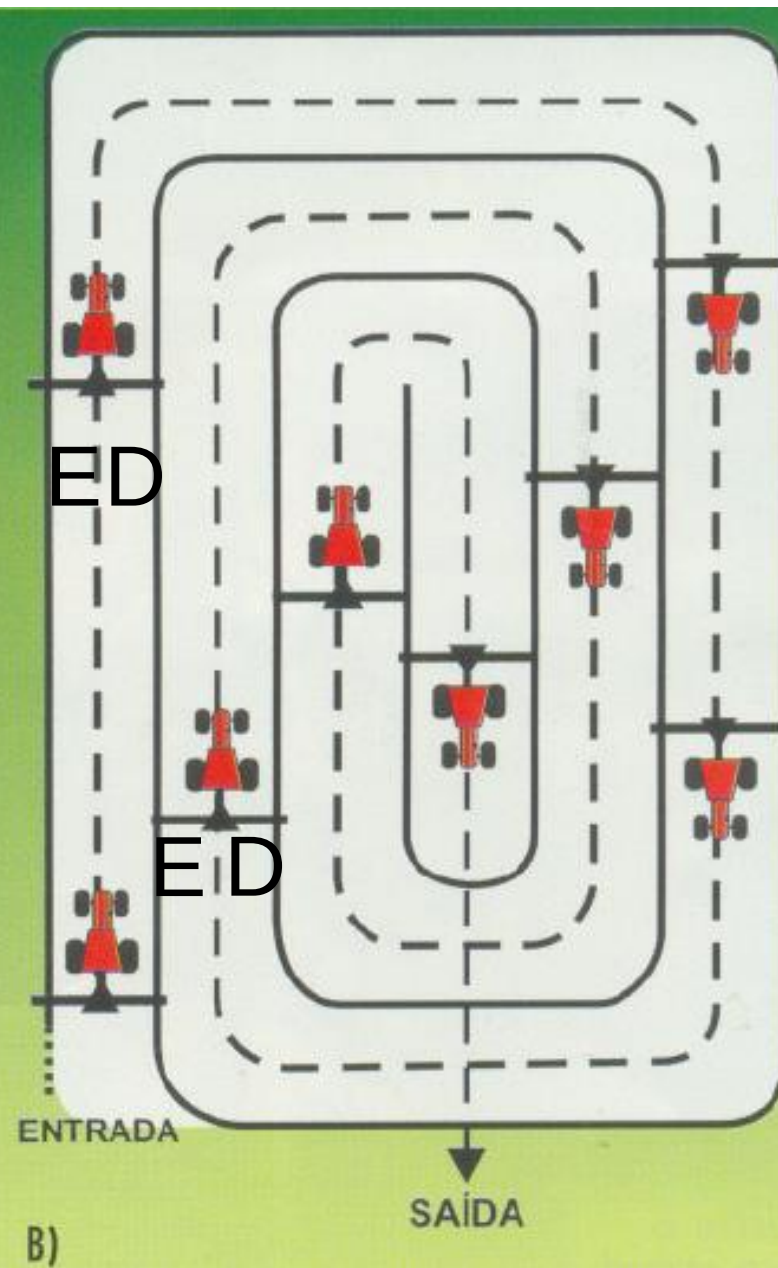
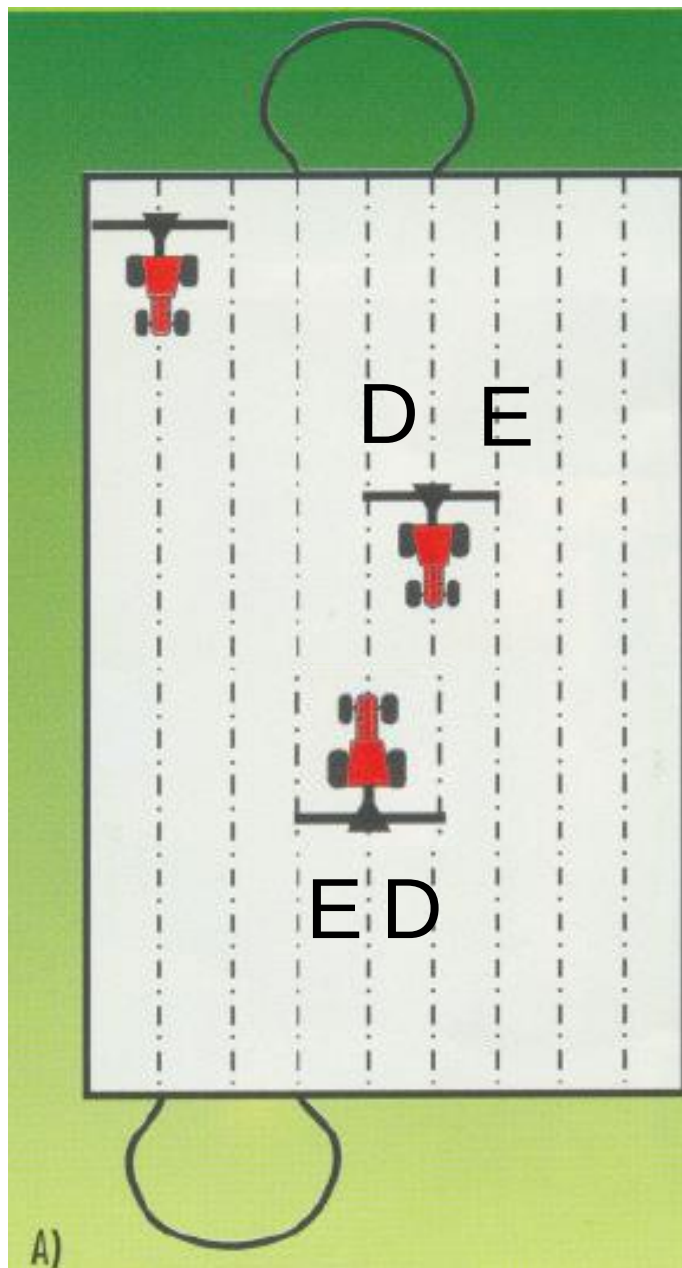


Aveia - 3,75 m/s

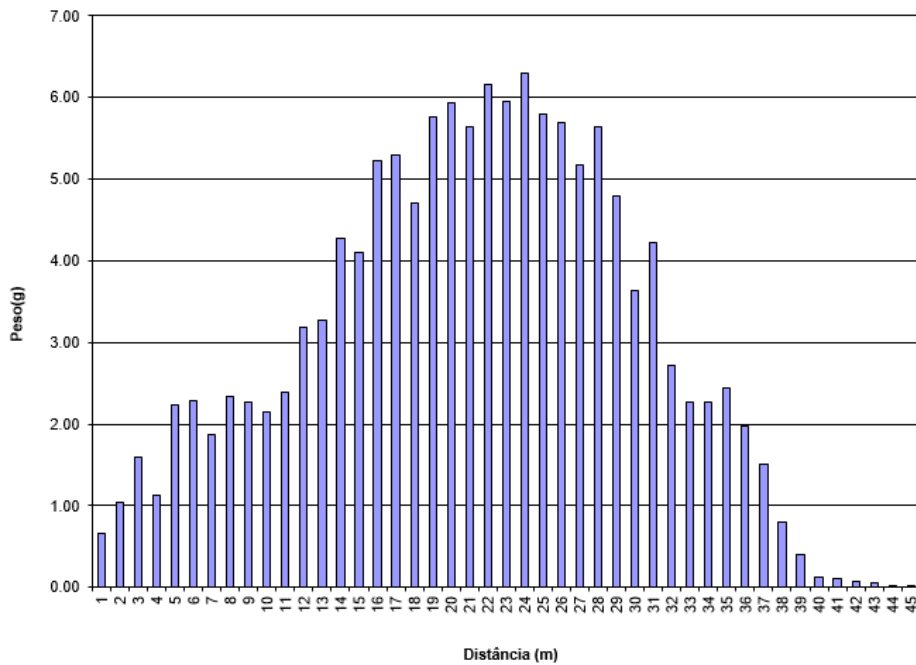


Adulanço

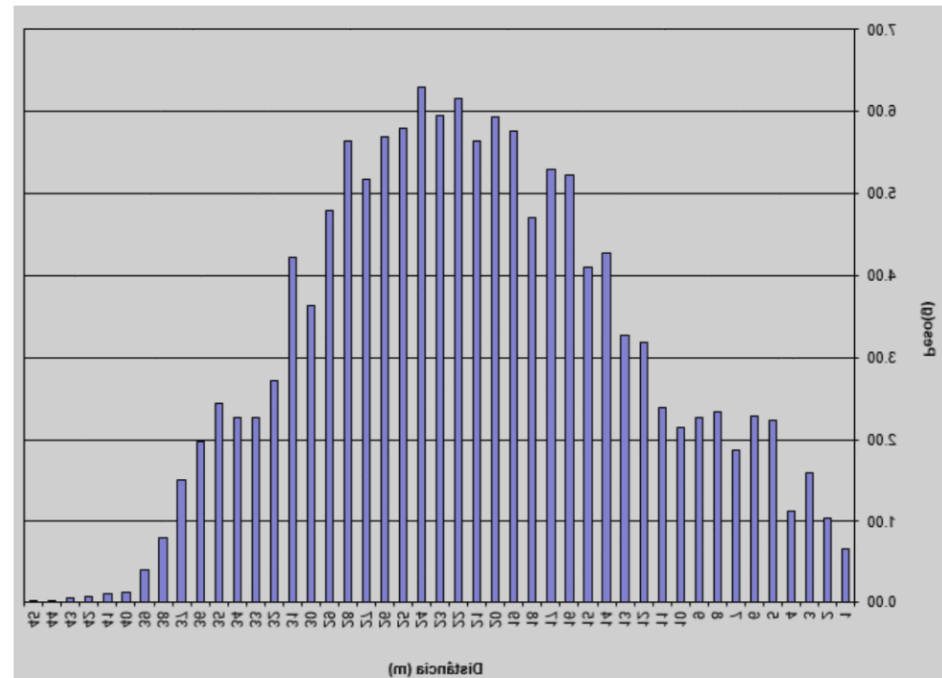
www.agriculturadeprecisao.org.br

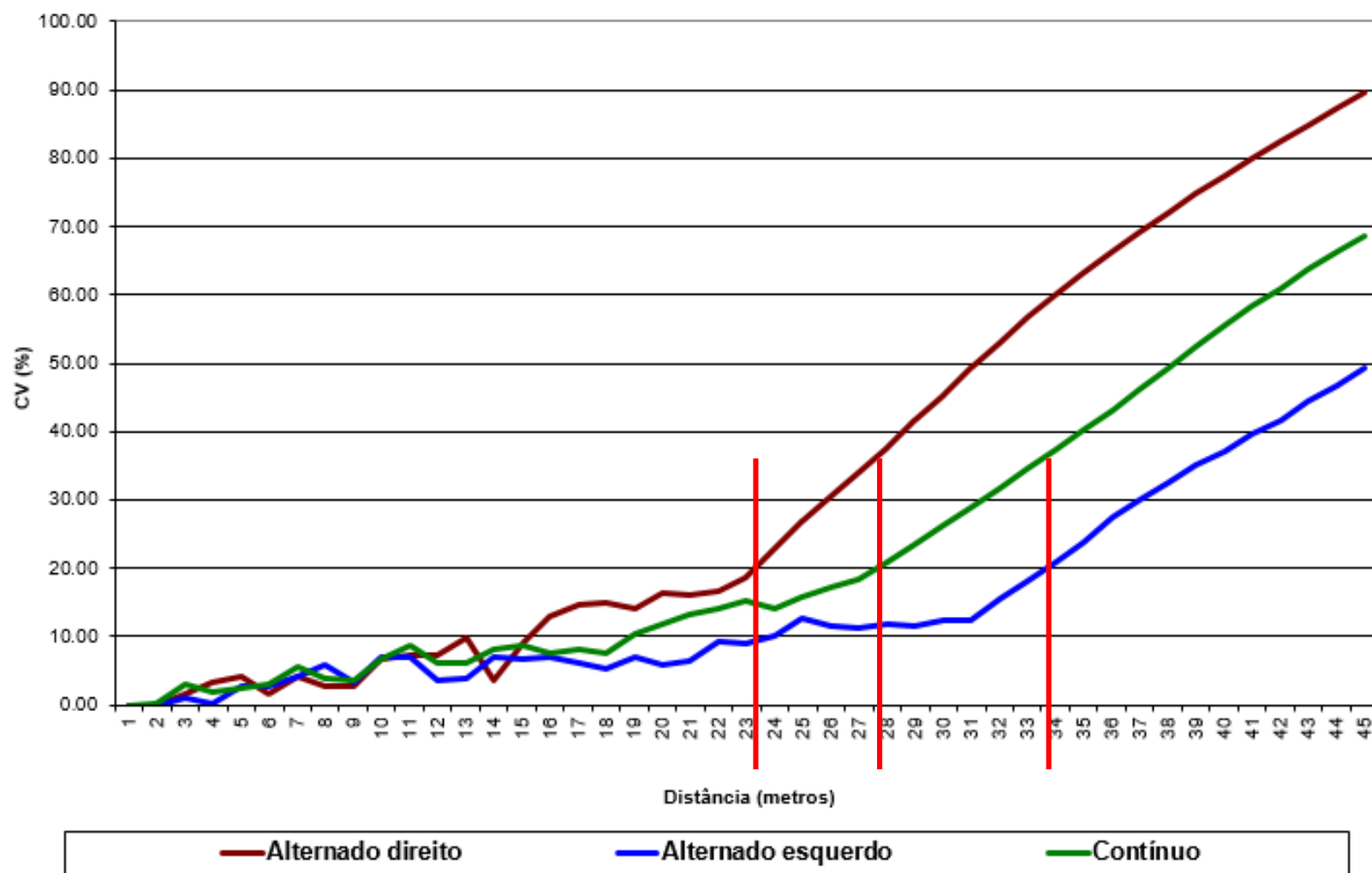


Ida

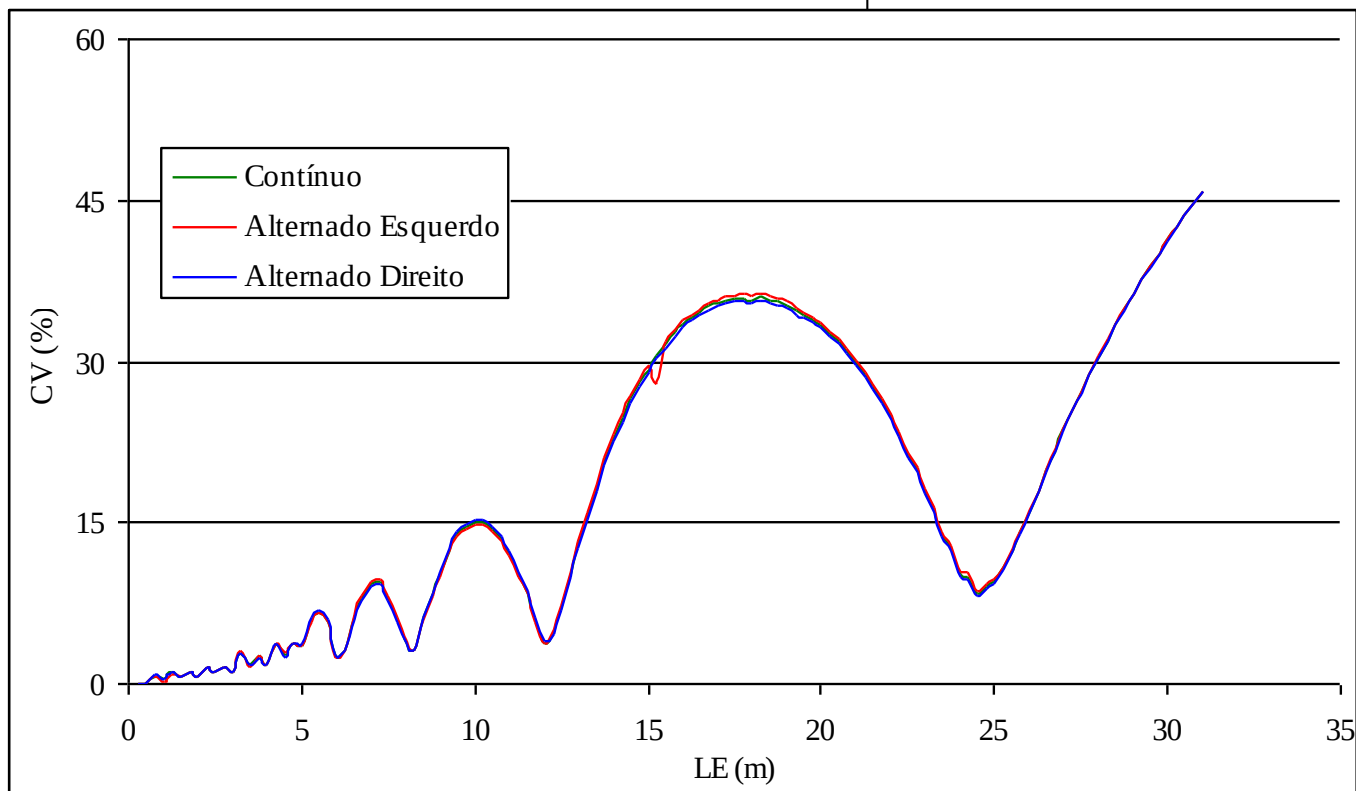
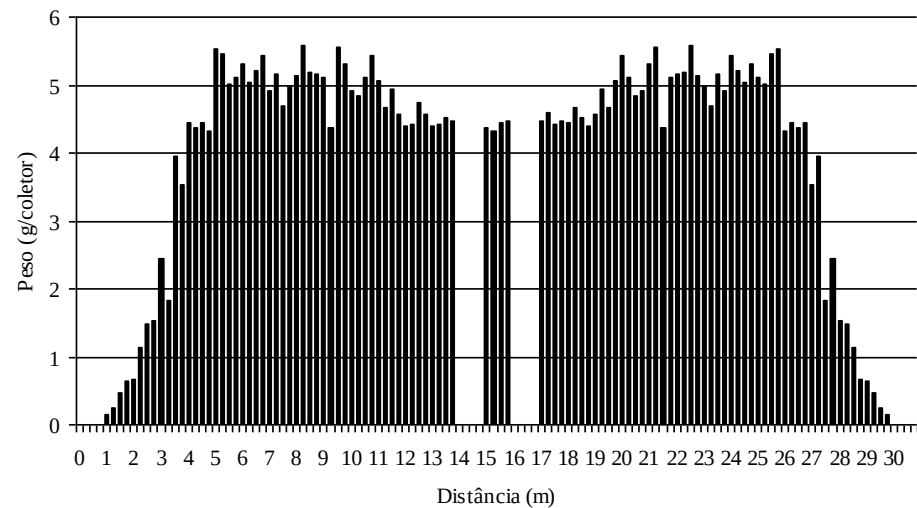


Retorno



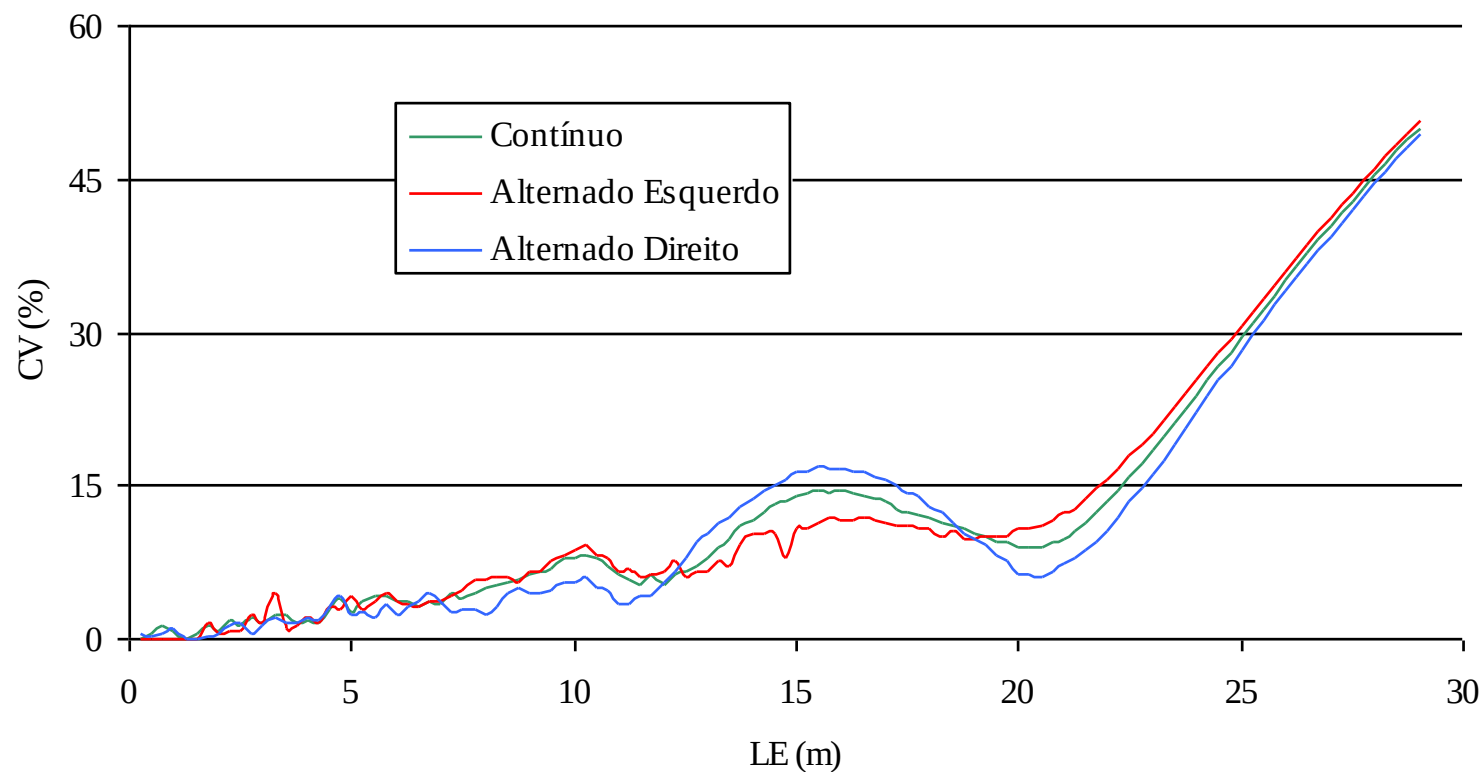
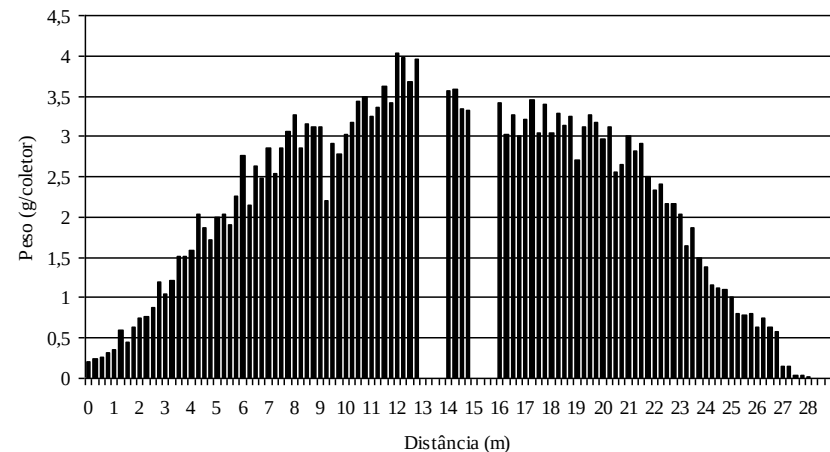


24 m e 250 kg/ha – R3

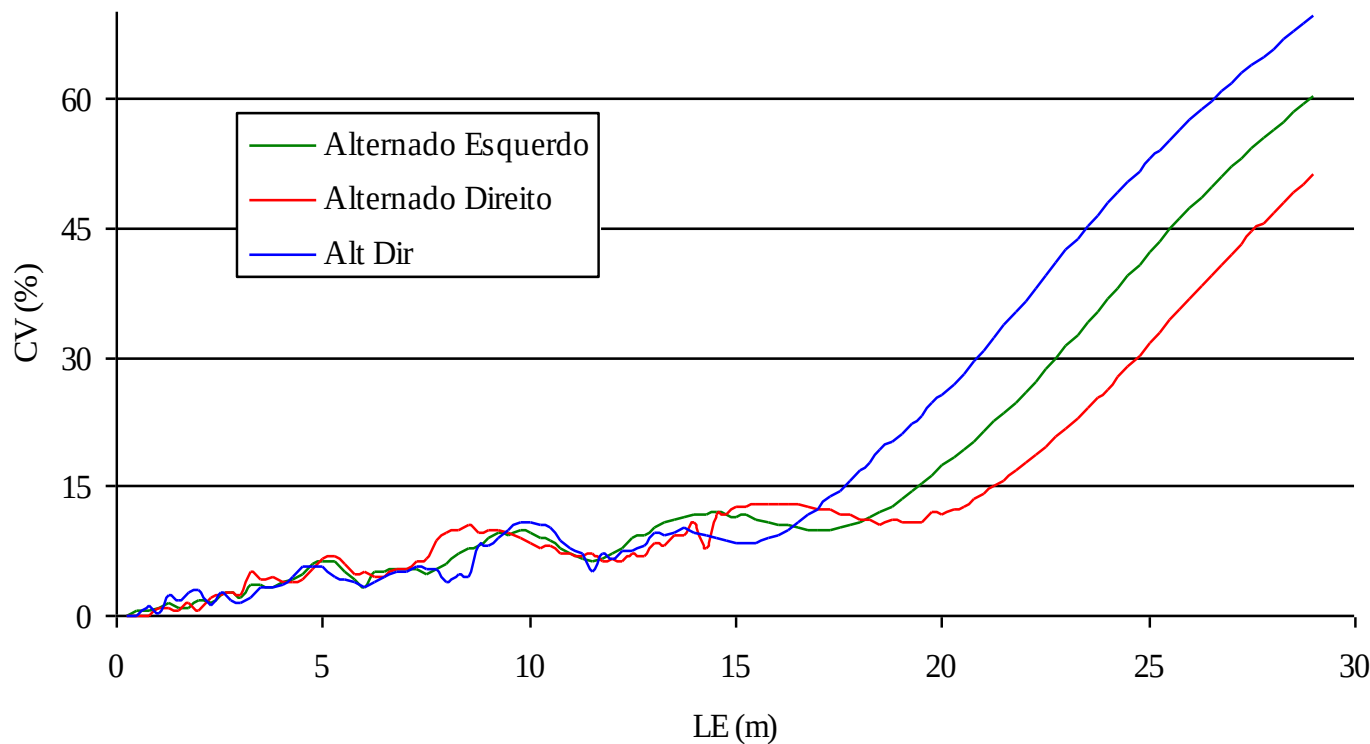
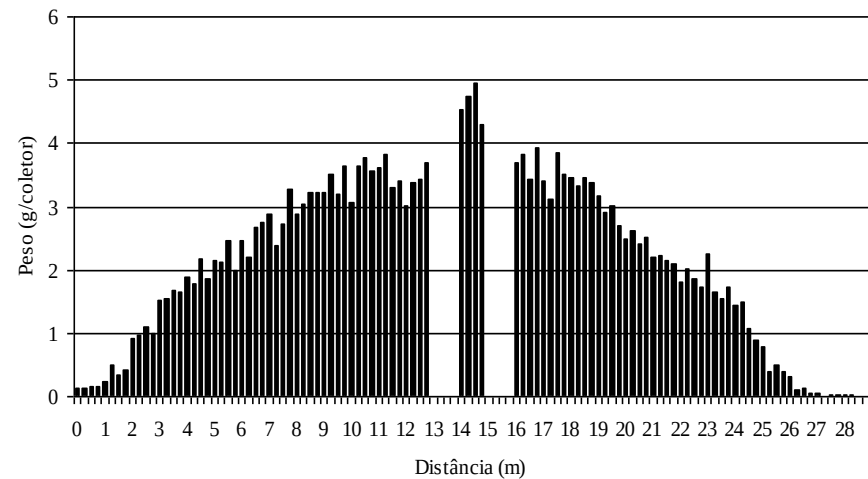


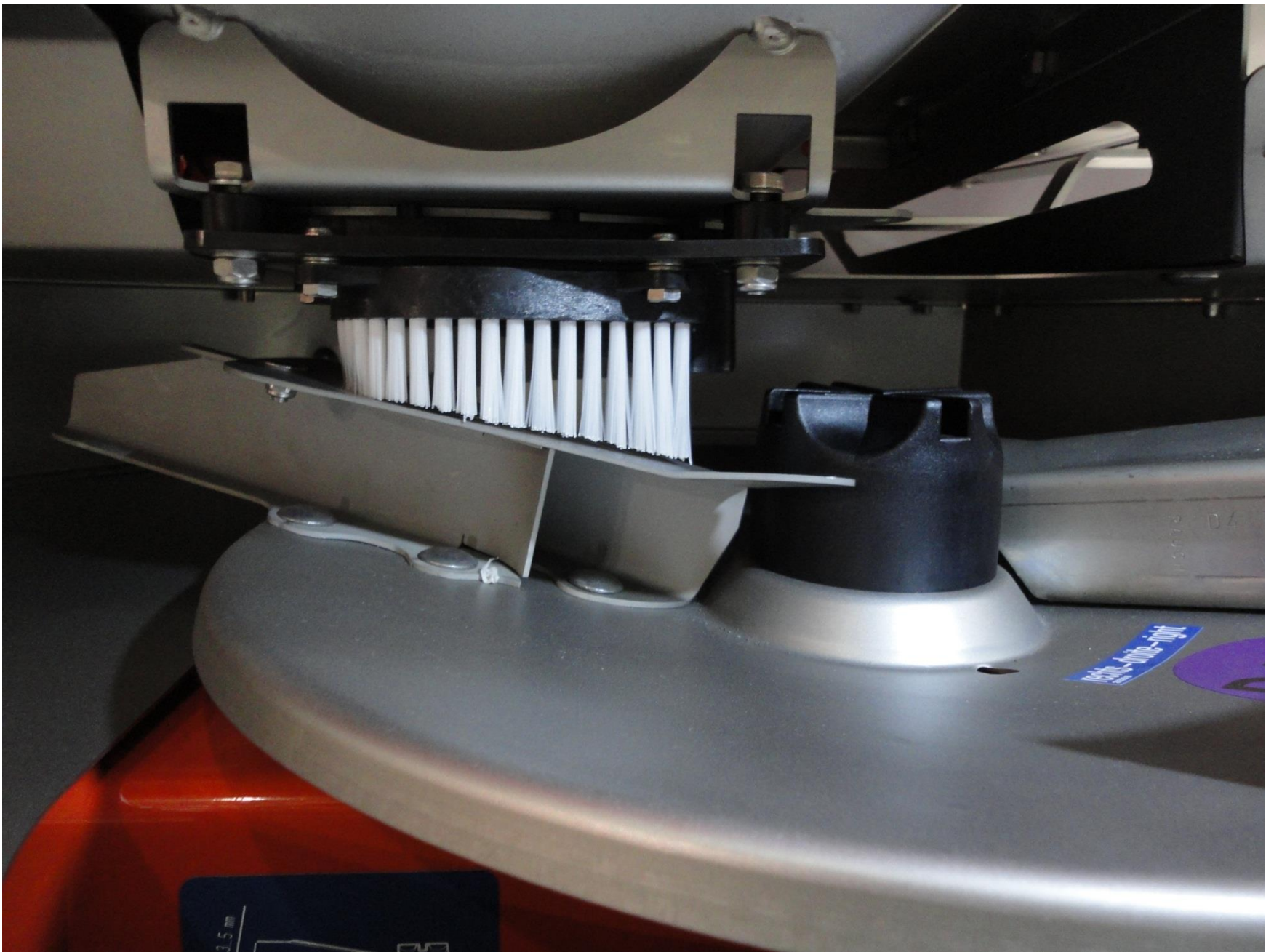


18 m e 150 kg/ha

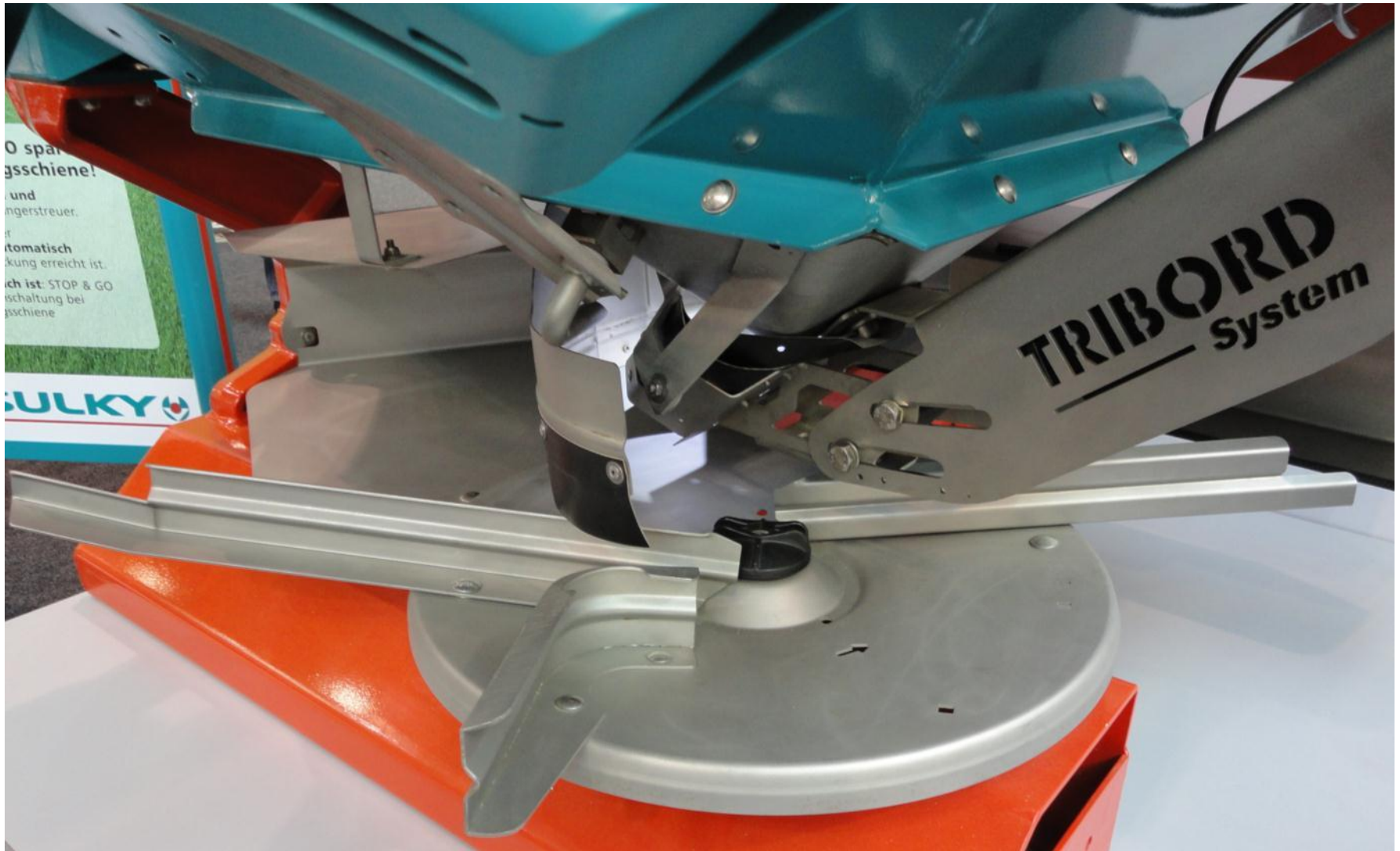


21 m e 150 kg/ha





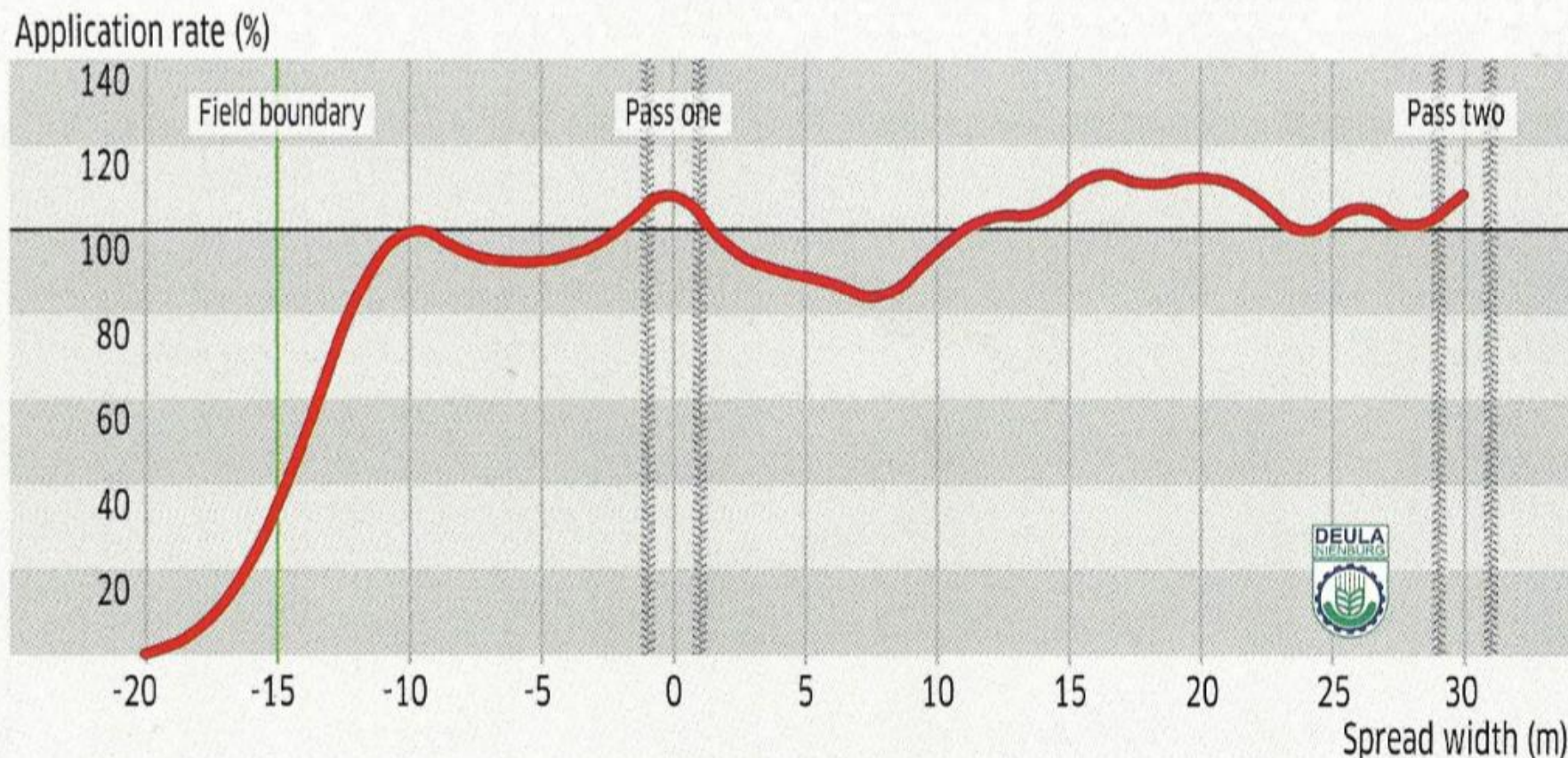
Ponto de queda variável



Agritechnica 2011



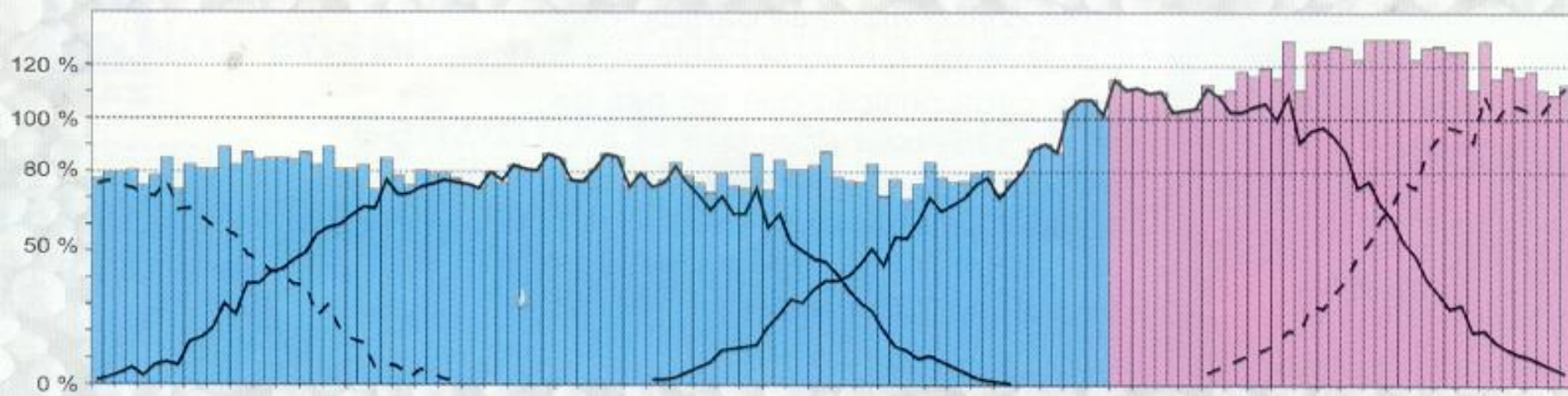
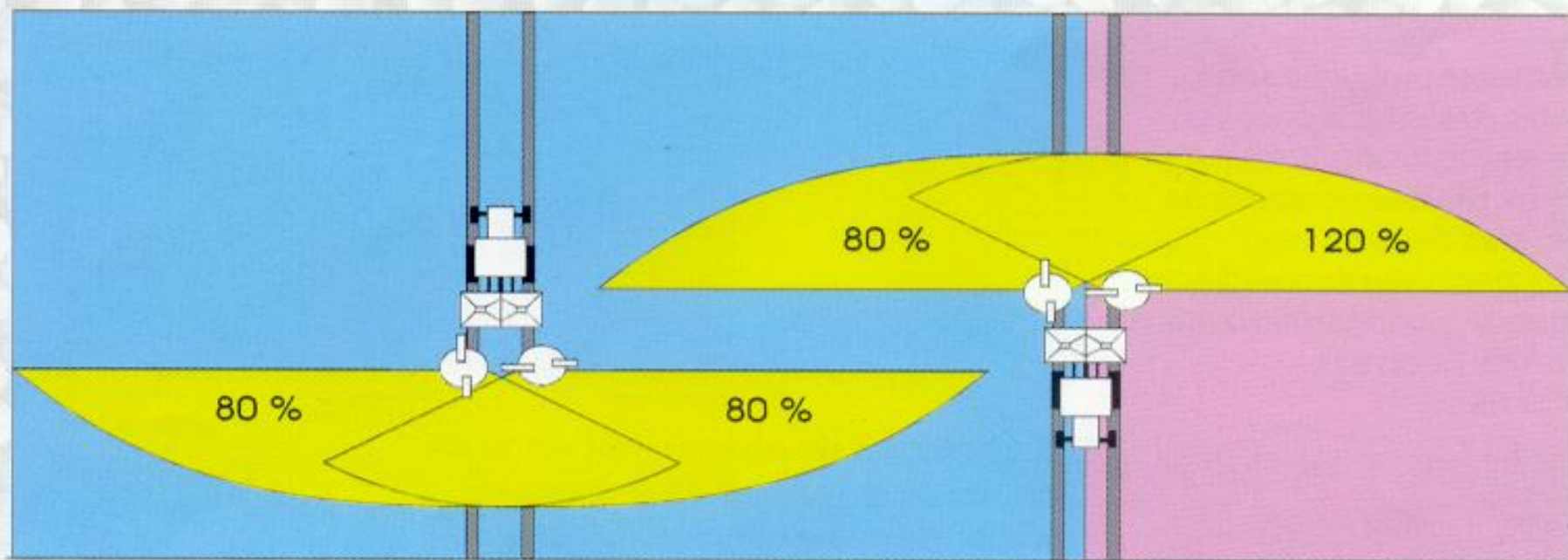
Material distribution across 30m width, plus border



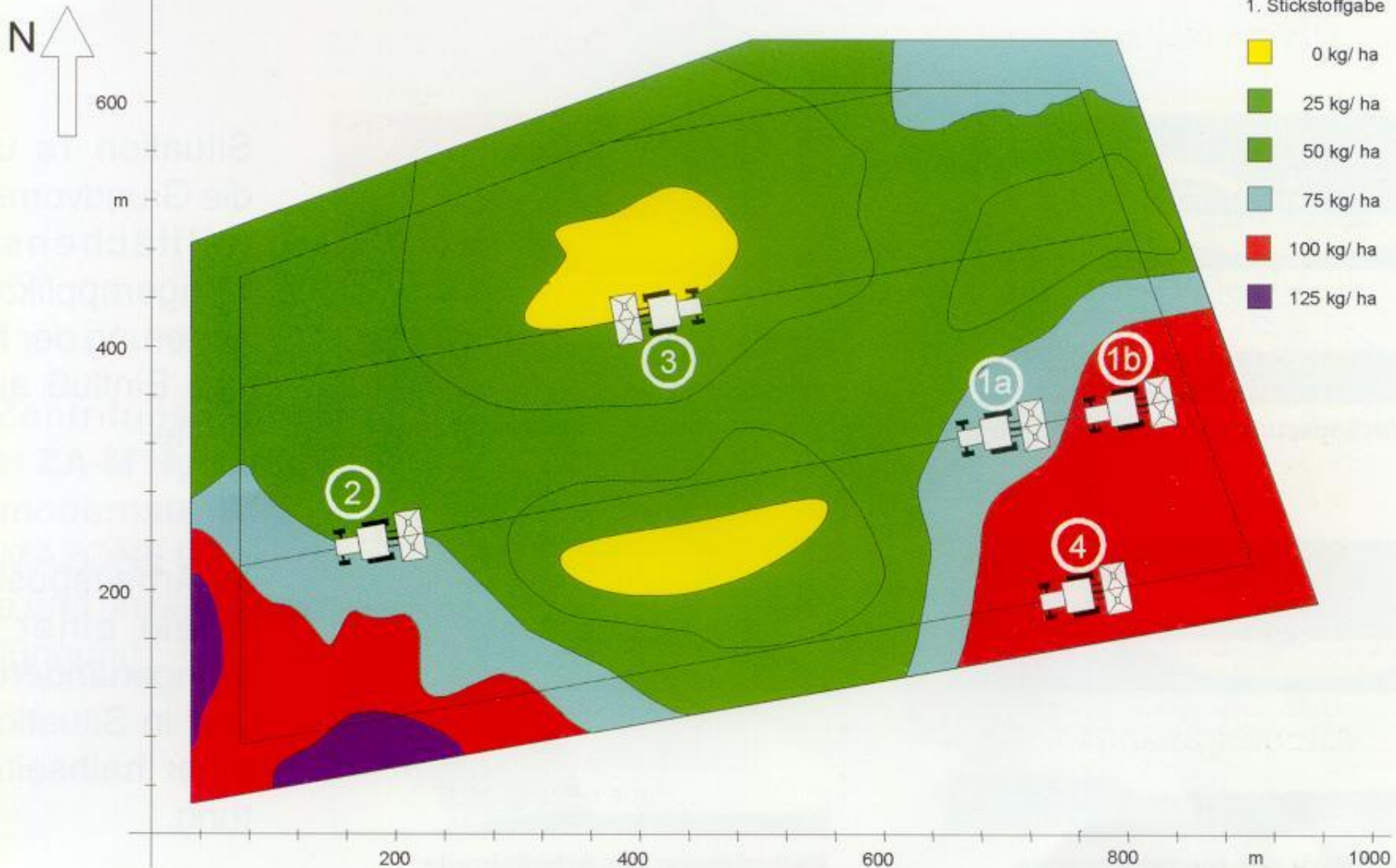
When spreading K40 potash fertiliser at 30m and using the machine's less-sharp-to-cut-off, eco-intensive border mode, there was some over-spreading past the field boundary (green line). Rate variation in the bulk of the field was a respectable 8.2%. Diagram: ST.

Sulky X50, Profi 1/2015

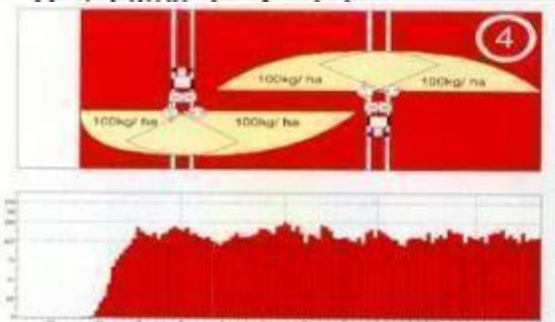
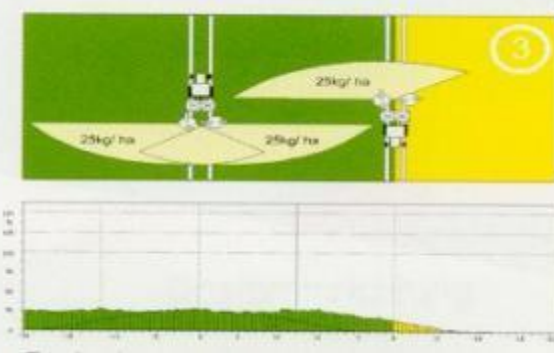
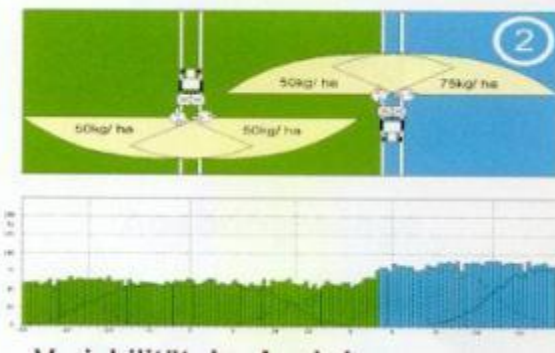
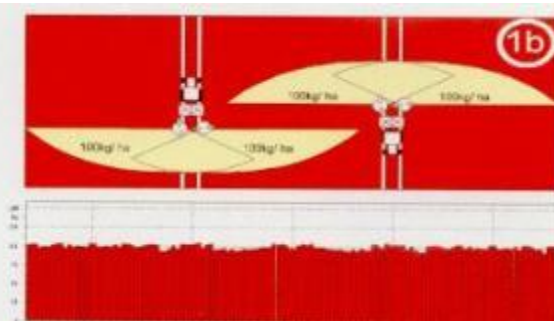
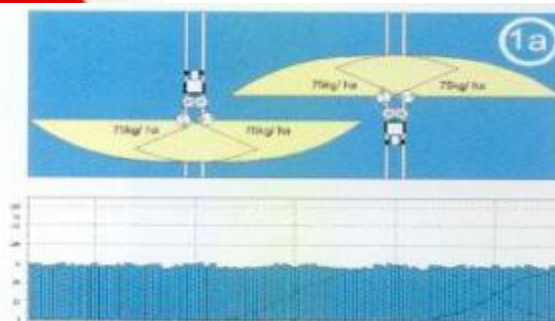
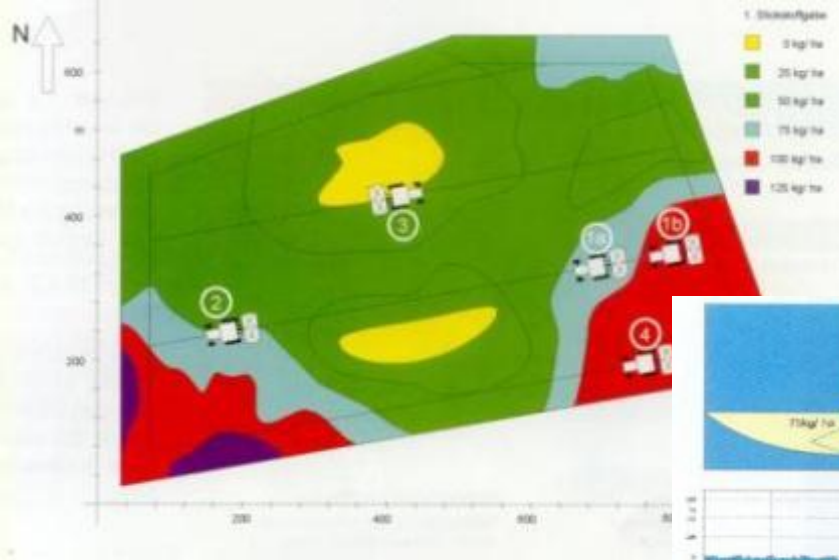
Taxa variada a lanço e sua “resolução”



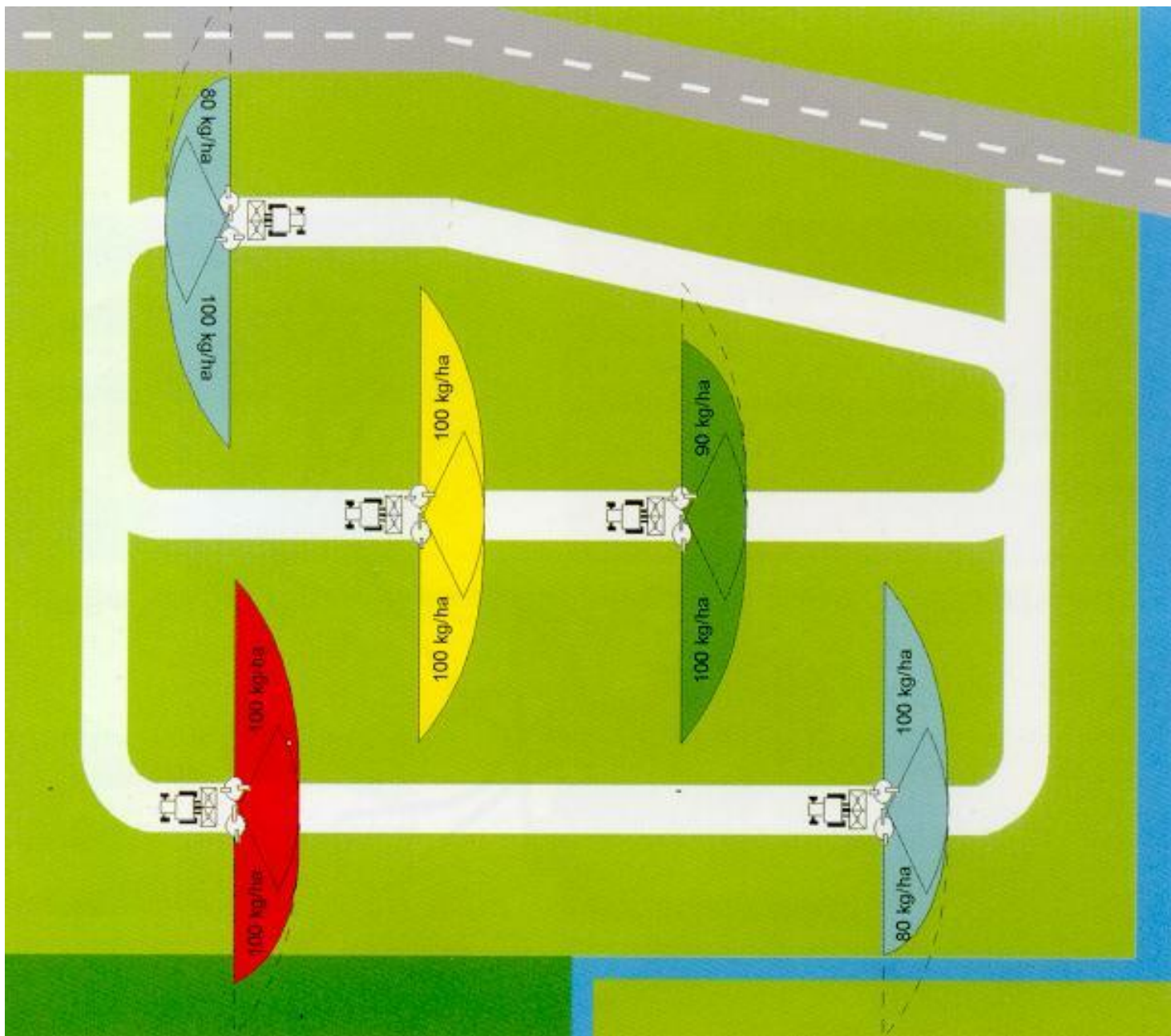
Amazone®



Amazone®



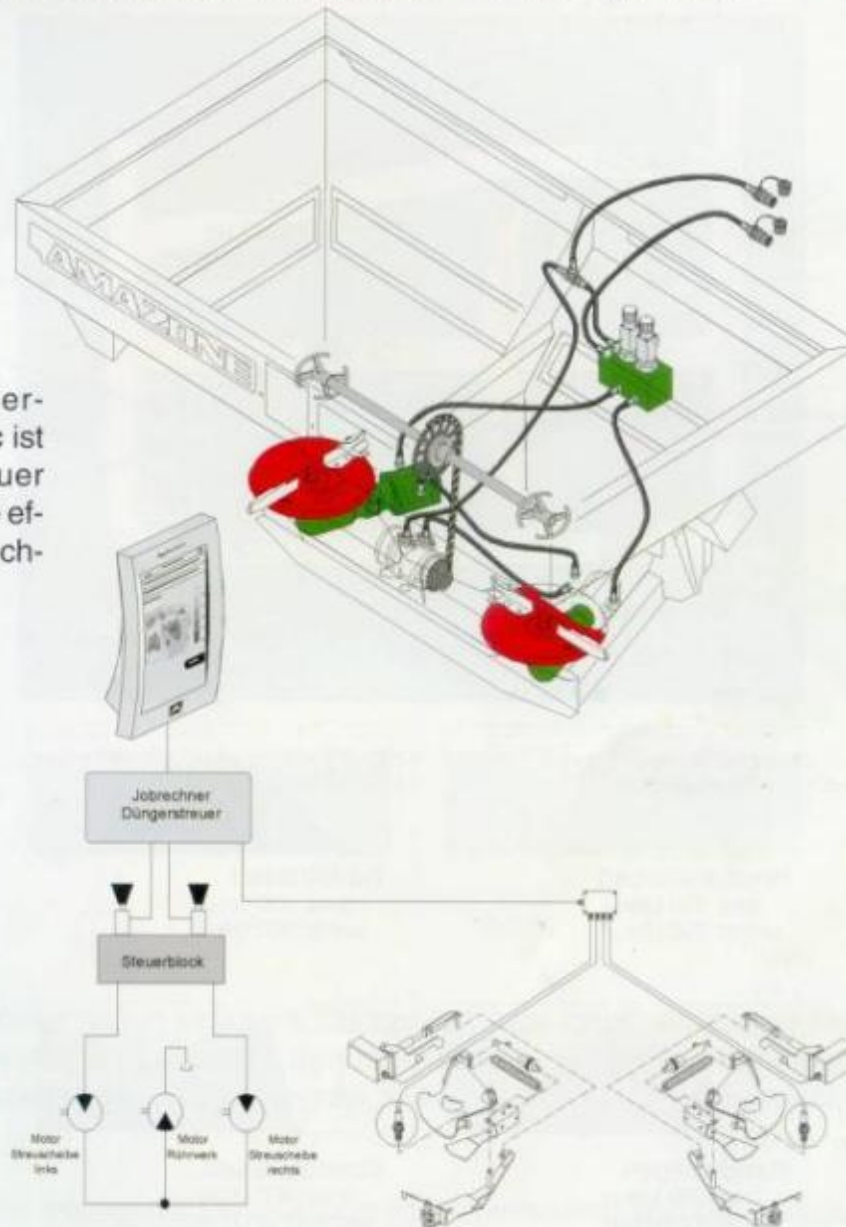
Amazone®



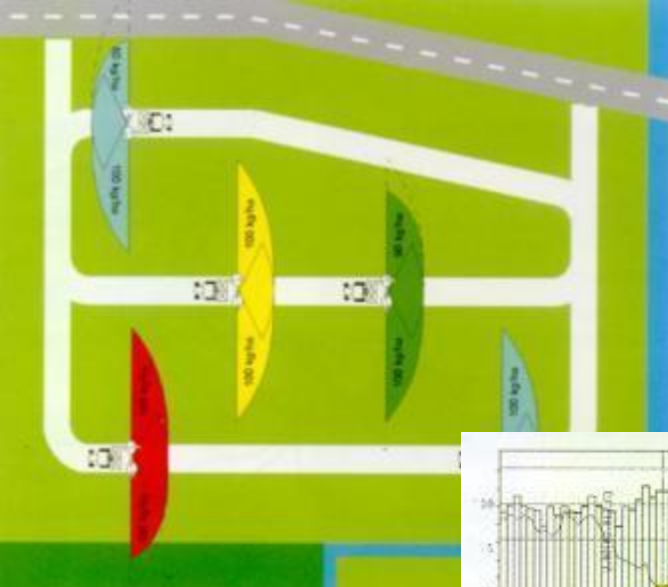
Amazone®

Hydraulischer Antrieb des ZA-M Hytronic

Der Zentrifugaldüngerstreuer **ZA-M Hytronic** ist der modernste Streuer von AMAZONE für eine effektive und umweltgerechte Düngung.

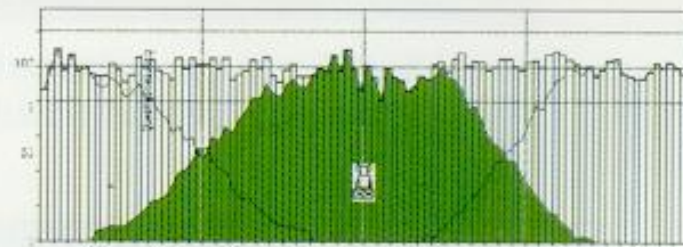


Amazone®



Normalstreuen

links: 720 U/min
rechts: 720 U/min



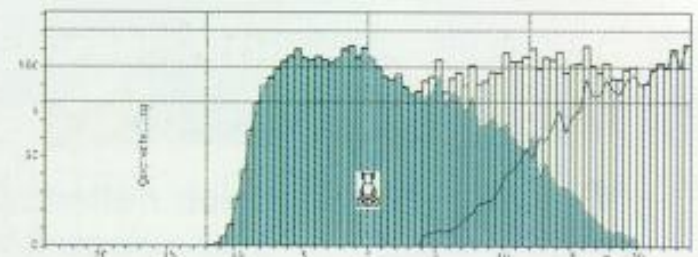
Keilstreuen

links: 720 U/min
rechts: 600 U/min



Randstreuen

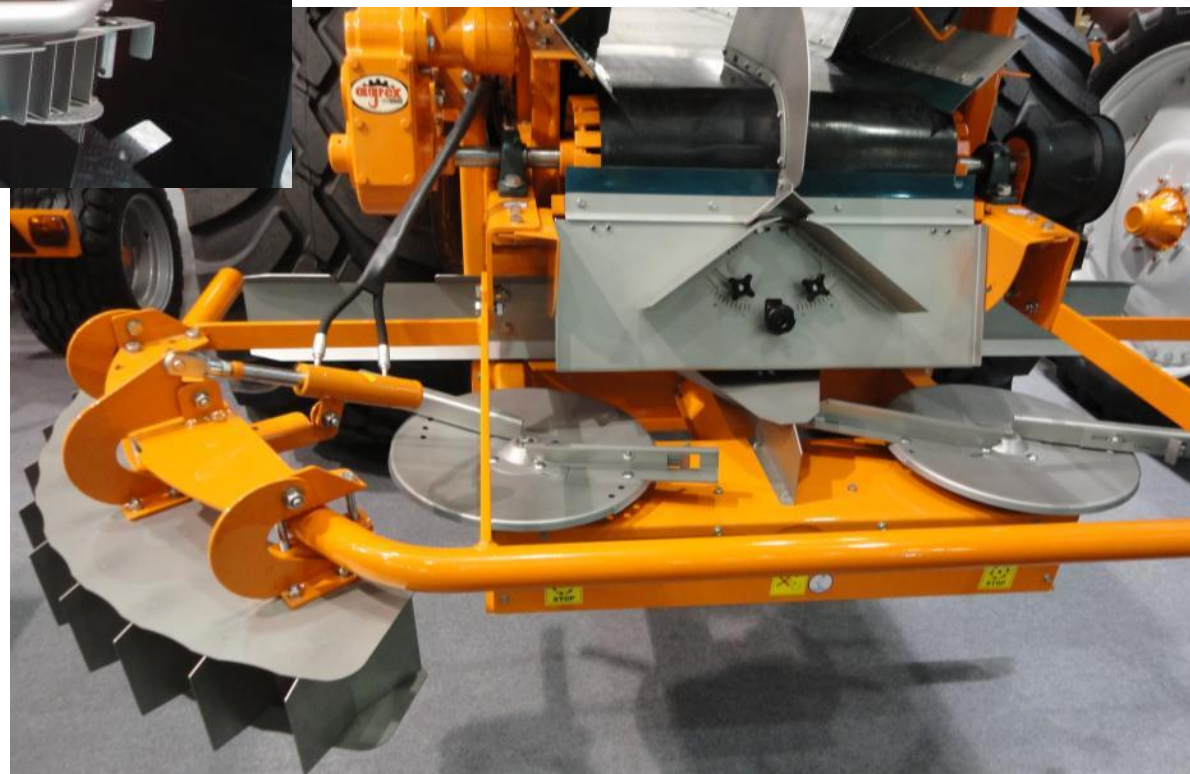
links: 540 U/min
rechts: 720 U/min



Grenzstreuen

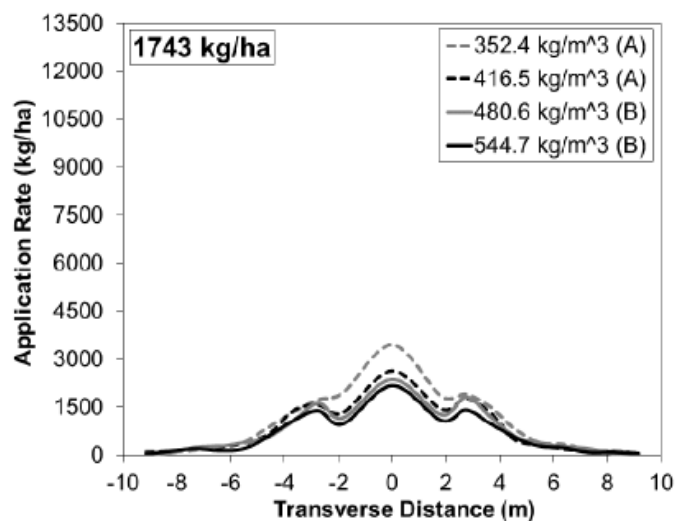
links: 400 U/min
rechts: 720 U/min

Amazoné®

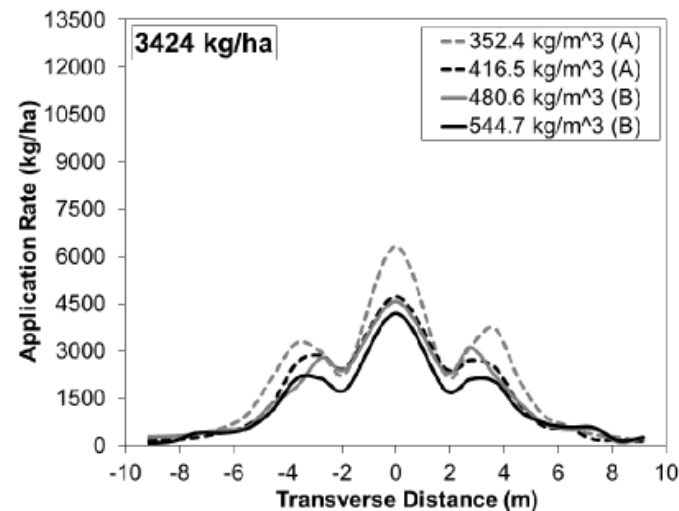


Agritechnica 2011

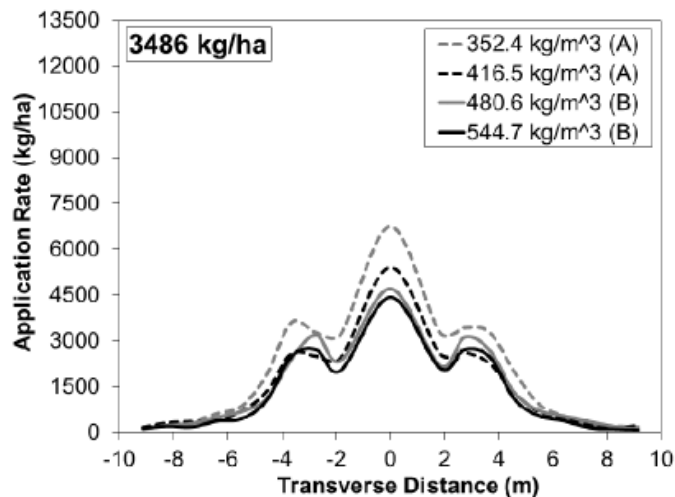
A forma da distribuição transversal não pode variar com a vazão



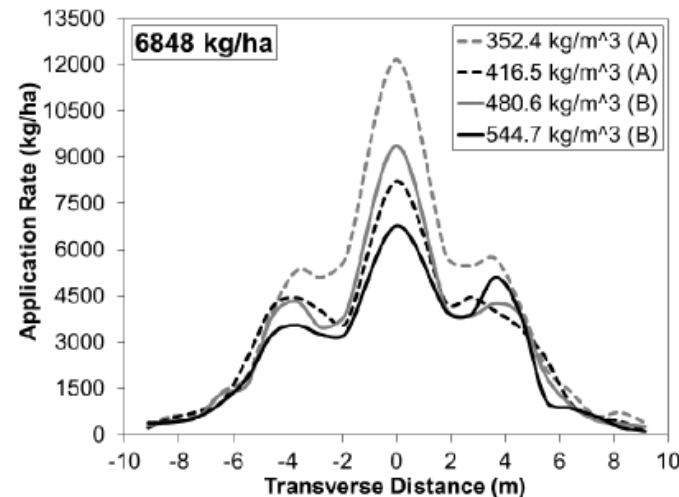
(a)



(b)



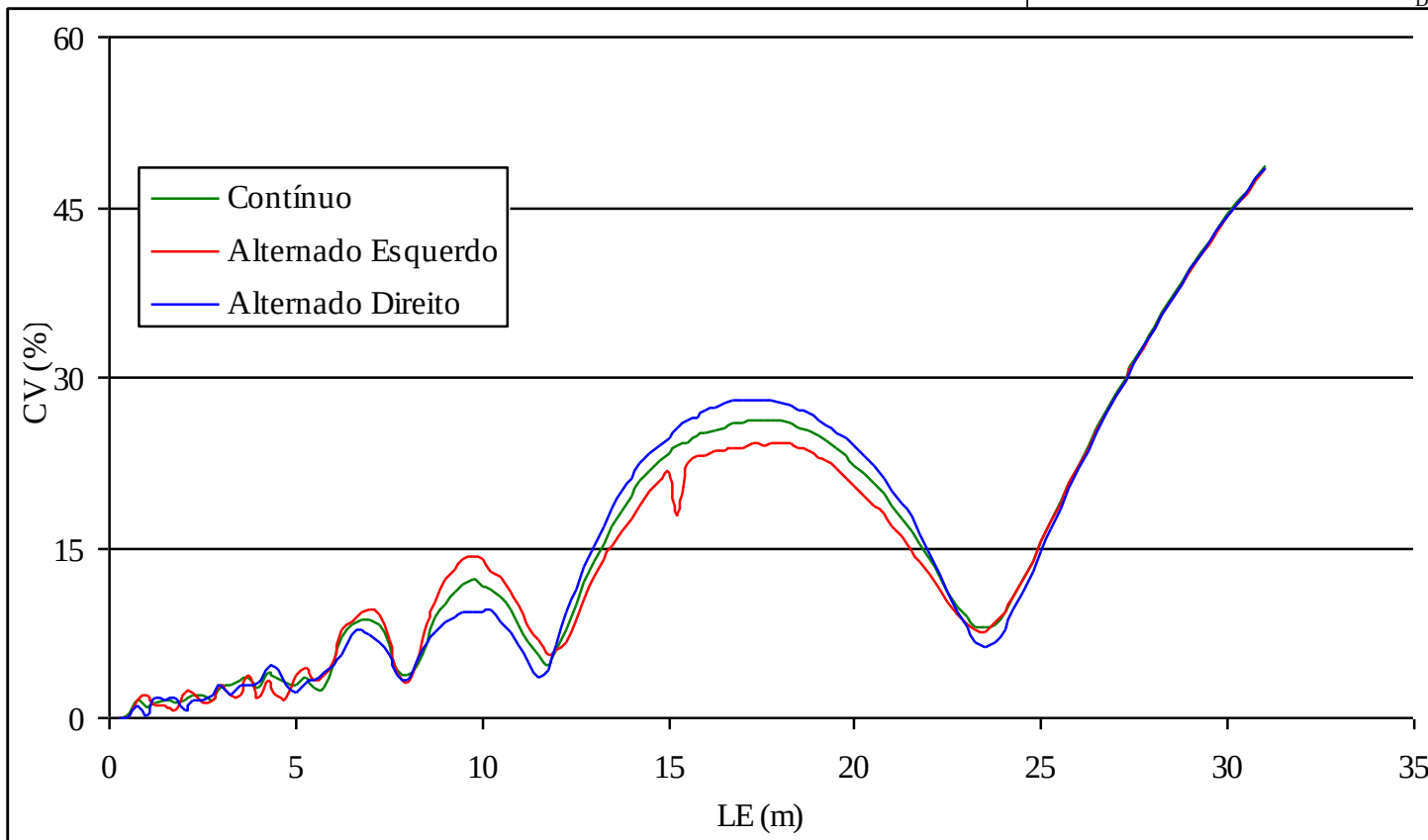
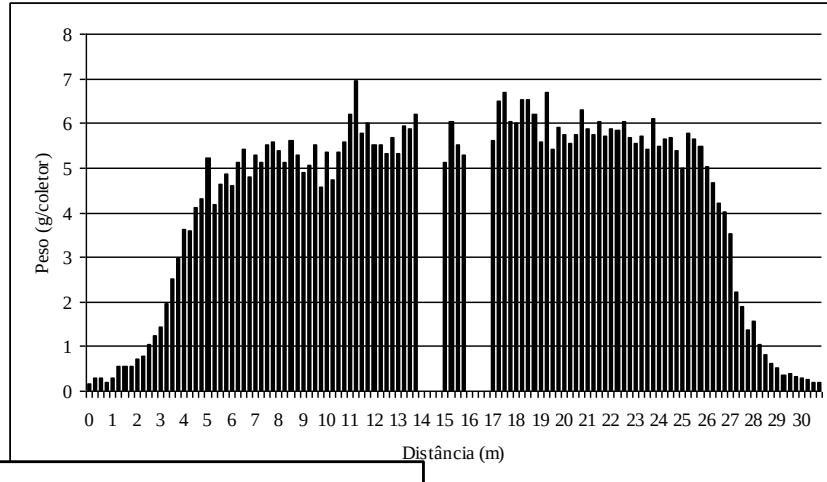
(c)



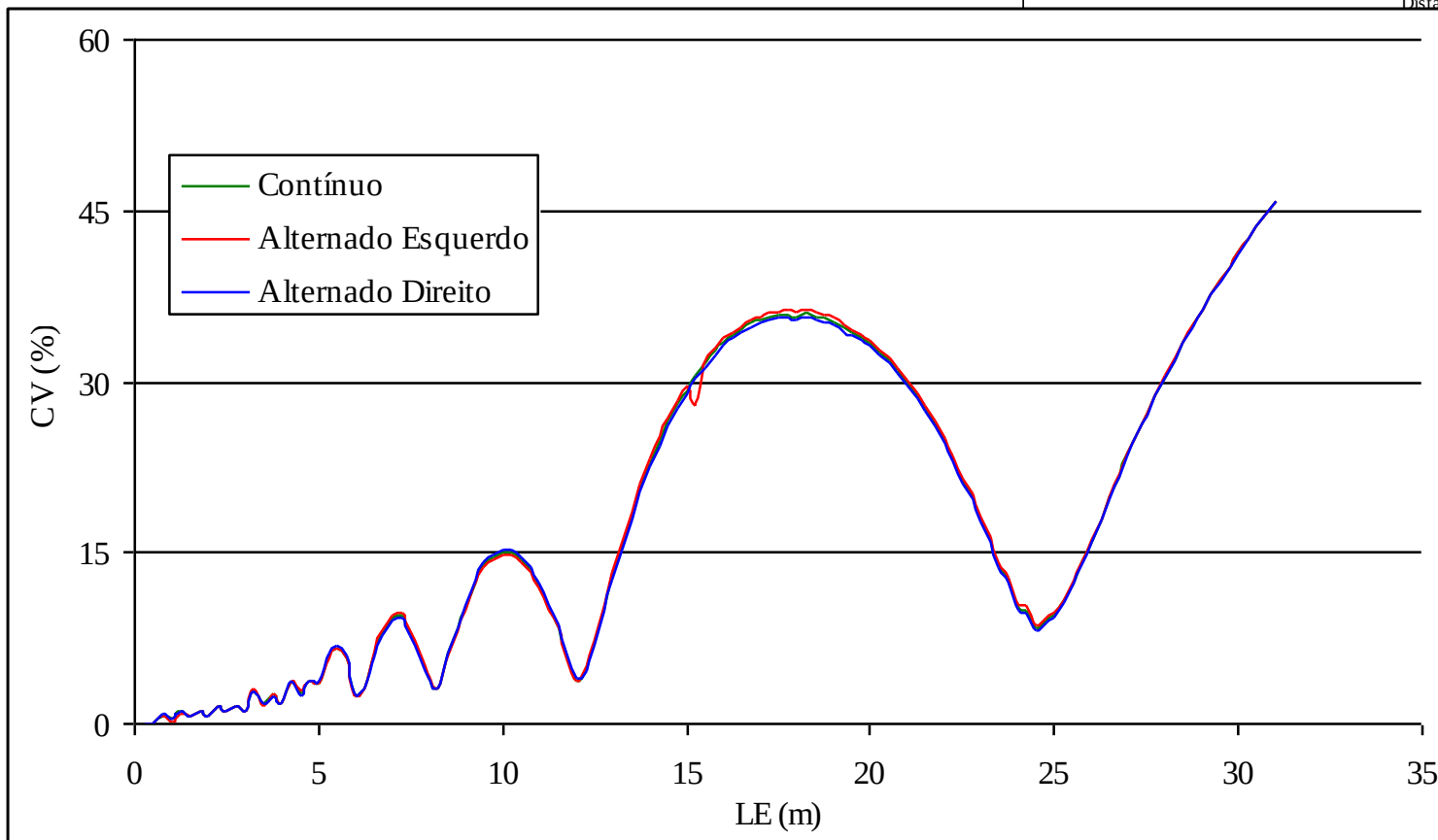
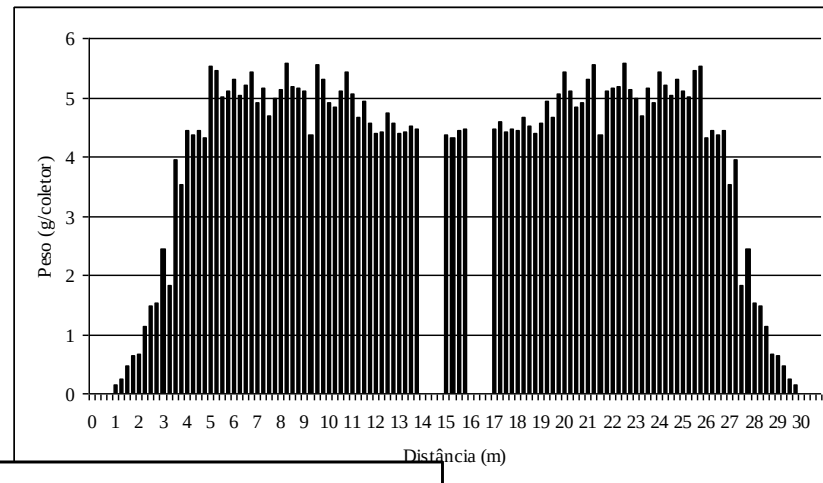
(d)

Comparação de distribuições de esterco de frango a diferentes densidades e doses

24 m e 250 kg/ha – R2



24 m e 250 kg/ha – R3



Distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 18 m

Sistema de percurso	50 kg ha ⁻¹		150 kg ha ⁻¹		250 kg ha ⁻¹	
	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)
Contínuo	16,2	12,3	11,8	22,3	10,6	18,8
Alternado direito	11,7	22,3	12,9	22,8	14,2	18,0
Alternado esquerdo	15	18,0	10,7	21,8	7,7	19,3

¹LE para CV de 15%

Distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 21 m

Sistema de percurso	50 kg ha ⁻¹		150 kg ha ⁻¹		250 kg ha ⁻¹	
	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)
Contínuo	26,8	9,5	21,5	19,3	24,3	18,8
Alternado direito	39,8	10,8	30,9	17,5	22,0	19,0
Alternado esquerdo	17,5	20,0	14,3	21,1	25,9	18,5

¹LE para CV de 15%

Distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 24 m

Sistema de percurso	50 kg ha ⁻¹		150 kg ha ⁻¹		250 kg ha ⁻¹	
	CV na LEn (%)	LE ² (m)	CV na LEn (%)	LE ² (m)	CV na LEn (%)	LE ² (m)
Contínuo	16,2	23,8 a ¹	12,2	25,7 a	9,5	25,2 a
Alternado direito	18,9	24,9 b	12,4	25,8 b	8,9	25,3 b
Alternado esquerdo	17,7	23,9 c	14,3	25,7 c	9,6	25,2 c

¹ Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

² LE para CV de 15%

MOLIN & MENEGATTI, 2003



Distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 18 m

Sistema de percurso	50 kg ha ⁻¹		150 kg ha ⁻¹		250 kg ha ⁻¹	
	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)
Contínuo	16,2	12,3	11,8	22,3	10,6	18,8

Distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 21 m

Sistema de percurso	50 kg ha ⁻¹		150 kg ha ⁻¹		250 kg ha ⁻¹	
	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)	CV na LEn (%)	LE ¹ (m)
Contínuo	26,8	9,5	21,5	19,3	24,3	18,8

¹LE para CV de 15%

Com repetições...

Distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 24 m

Sistema de percurso	50 kg ha ⁻¹		150 kg ha ⁻¹		250 kg ha ⁻¹	
	CV na LEn (%)	LE ² (m)	CV na LEn (%)	LE ² (m)	CV na LEn (%)	LE ² (m)
Contínuo	16,2	23,8 a ¹	12,2	25,7 a	9,5	25,2 a

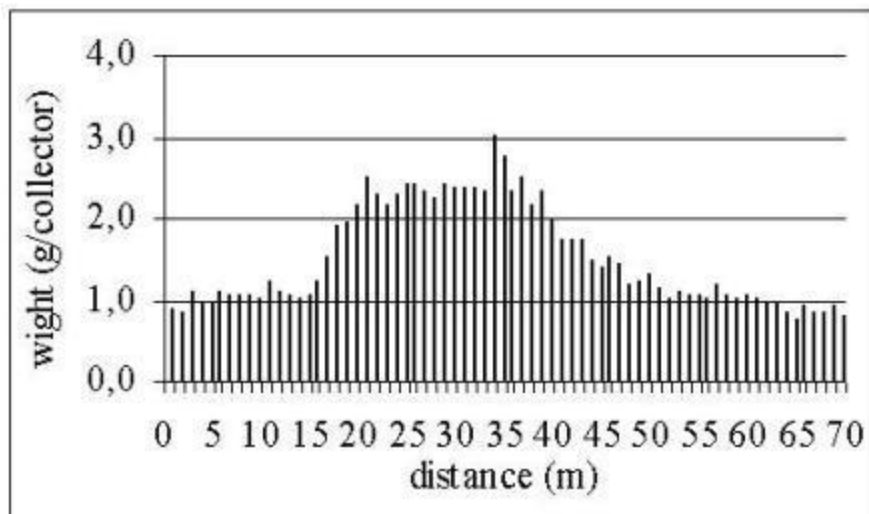
¹ Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

² LE para CV de 15%

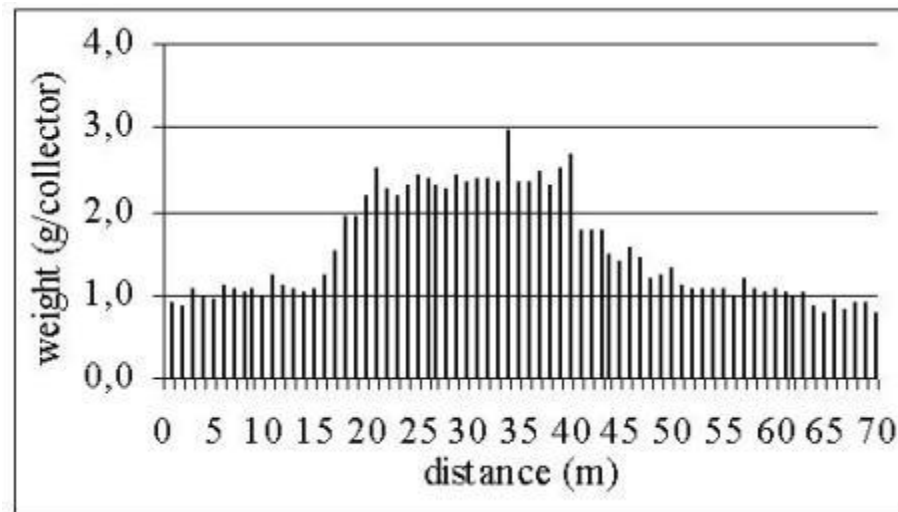




50 – 100 – 50 kg/ha

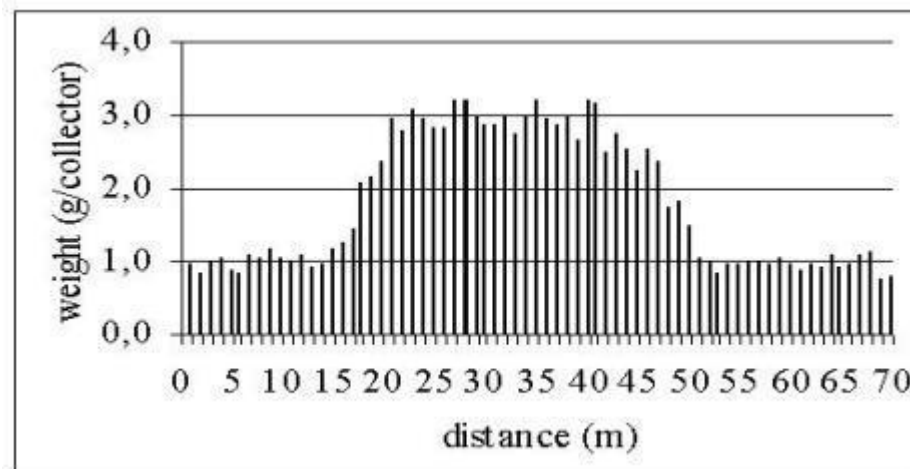
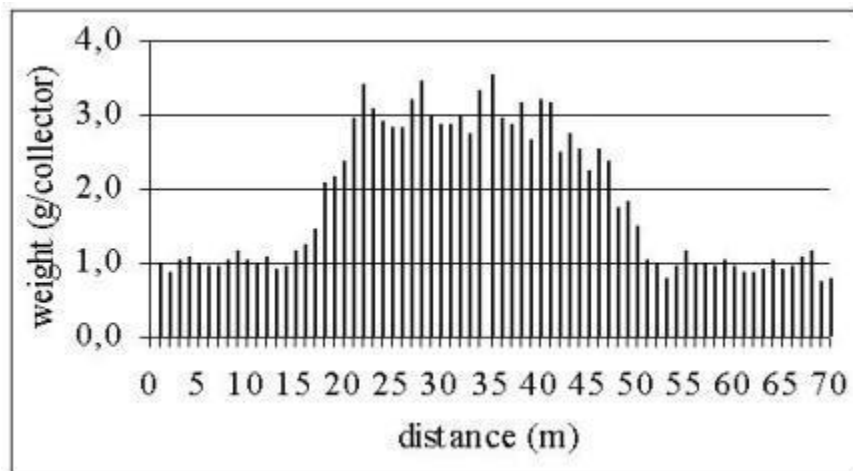


Left

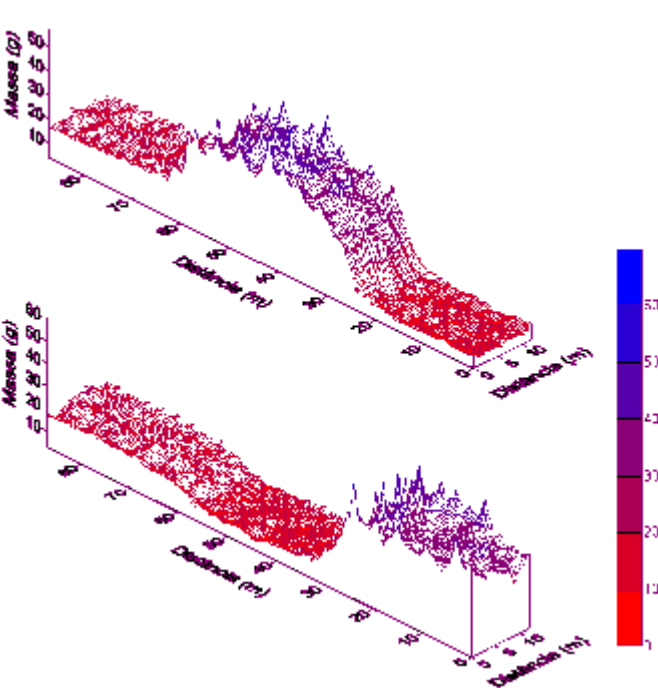


Right

50 – 150 – 50 kg/ha





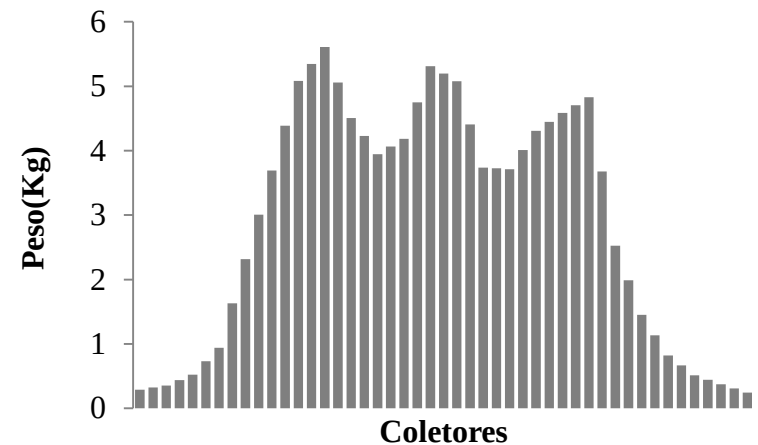
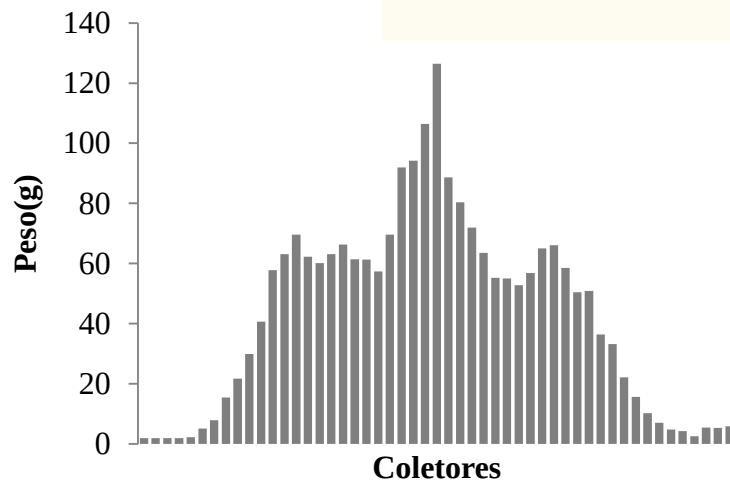
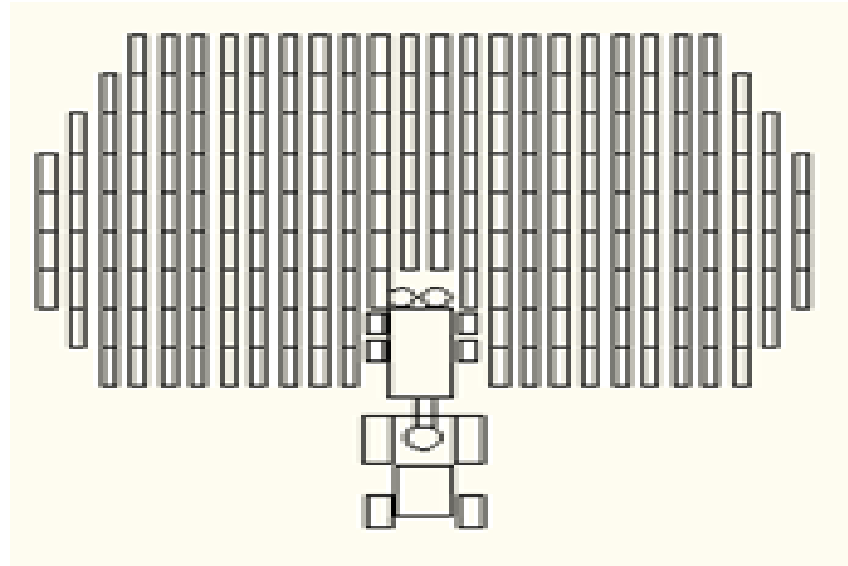


Ensaio estático

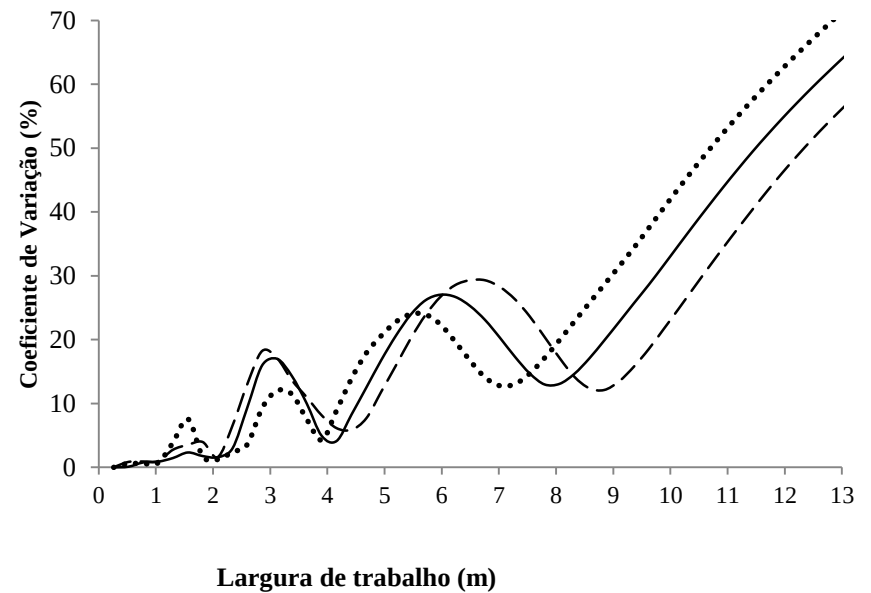
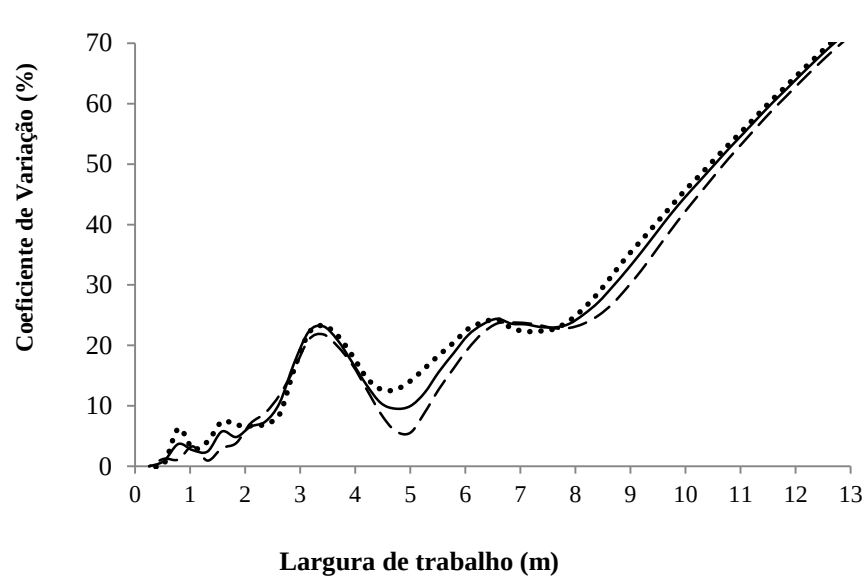




Ensaio estático vs dinâmico



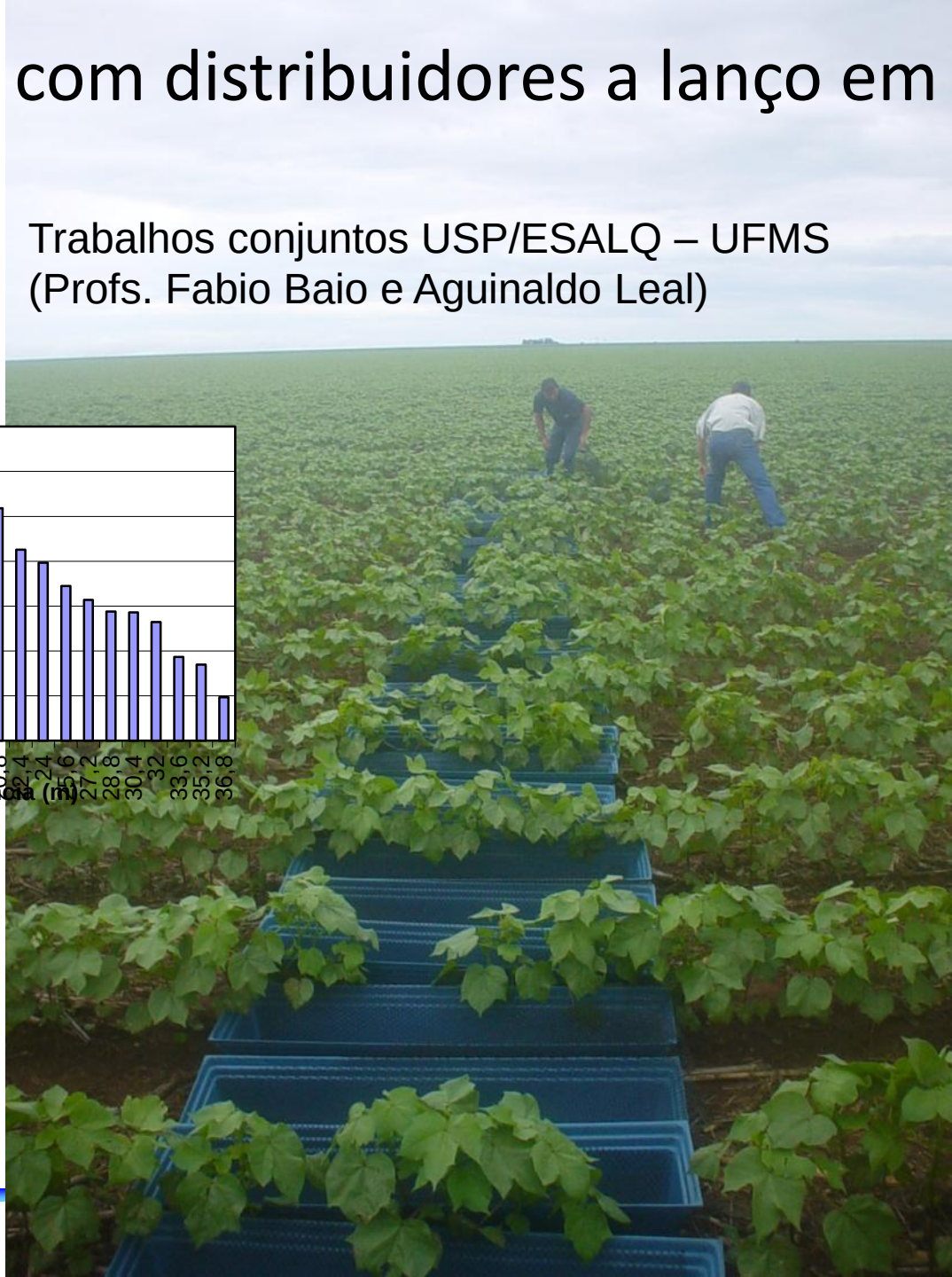
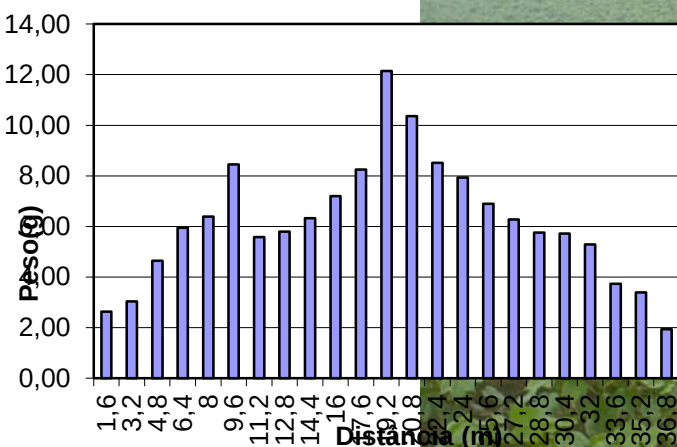
distribuição transversal do produto aplicado, acumulado em cada coletor, referente à dosagem de $7 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, para o ensaio dinâmico (esq.) e estático (dir.)



Relação entre o Coeficiente de Variação e largura de aplicação, para o ensaio dinâmico (esq.) e estático (dir.)

Ensaio com distribuidores a lanço em algodão

Trabalhos conjuntos USP/ESALQ – UFMS
(Profs. Fabio Baio e Aguinaldo Leal)



Ensaio em campo – 1ª aplicação



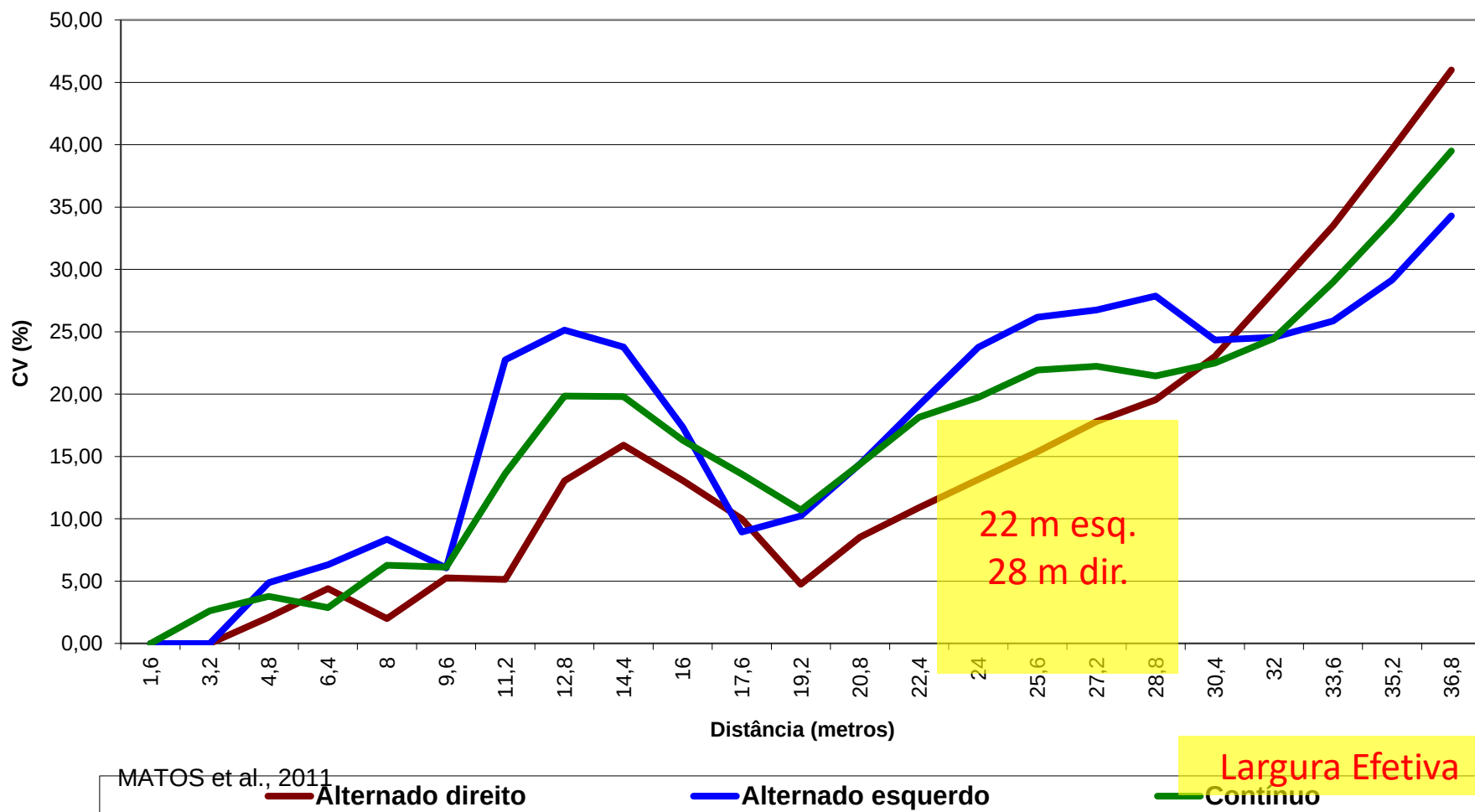
Ensaio em campo – 2ª aplicação



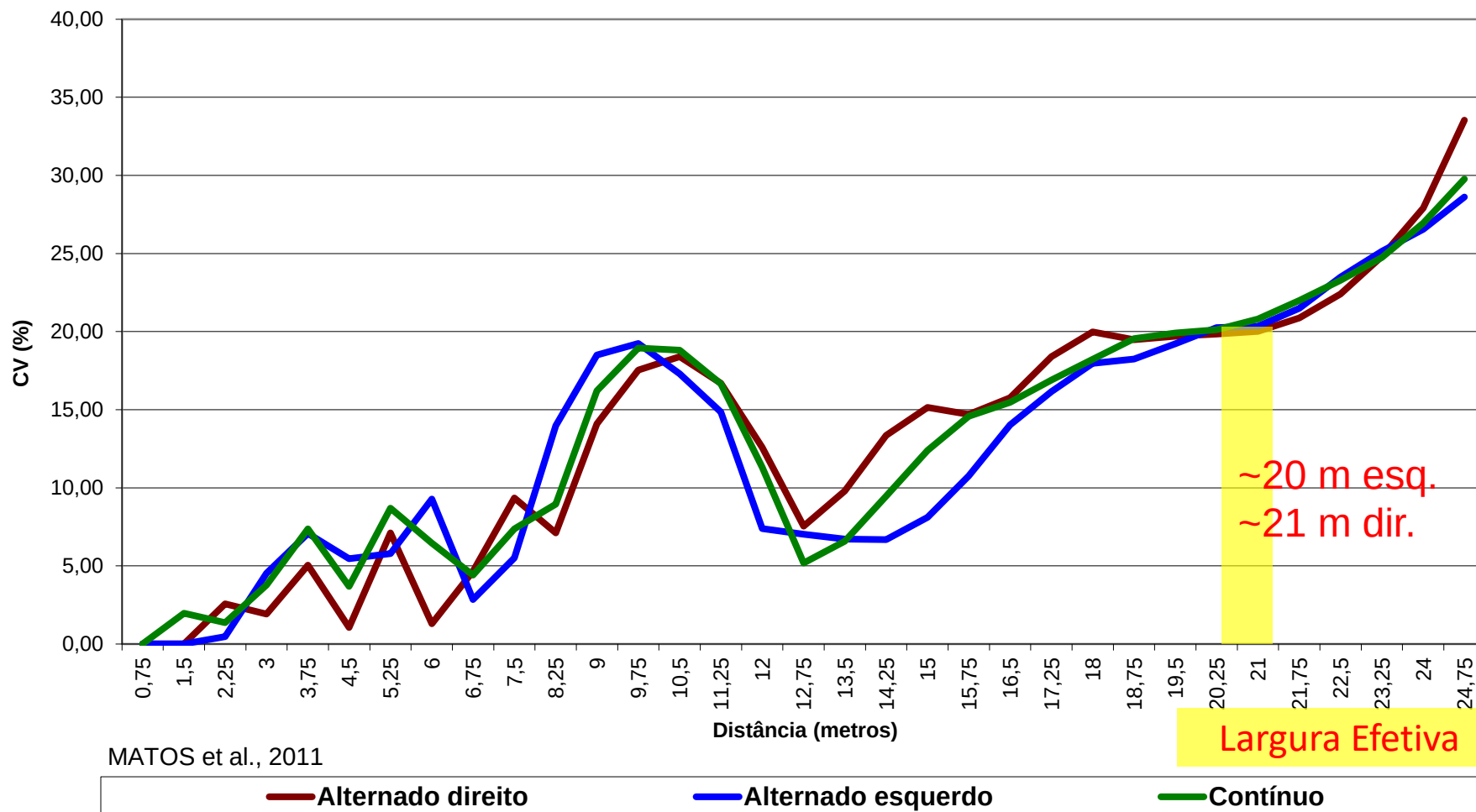
Ensaio em campo – 3ª aplicação



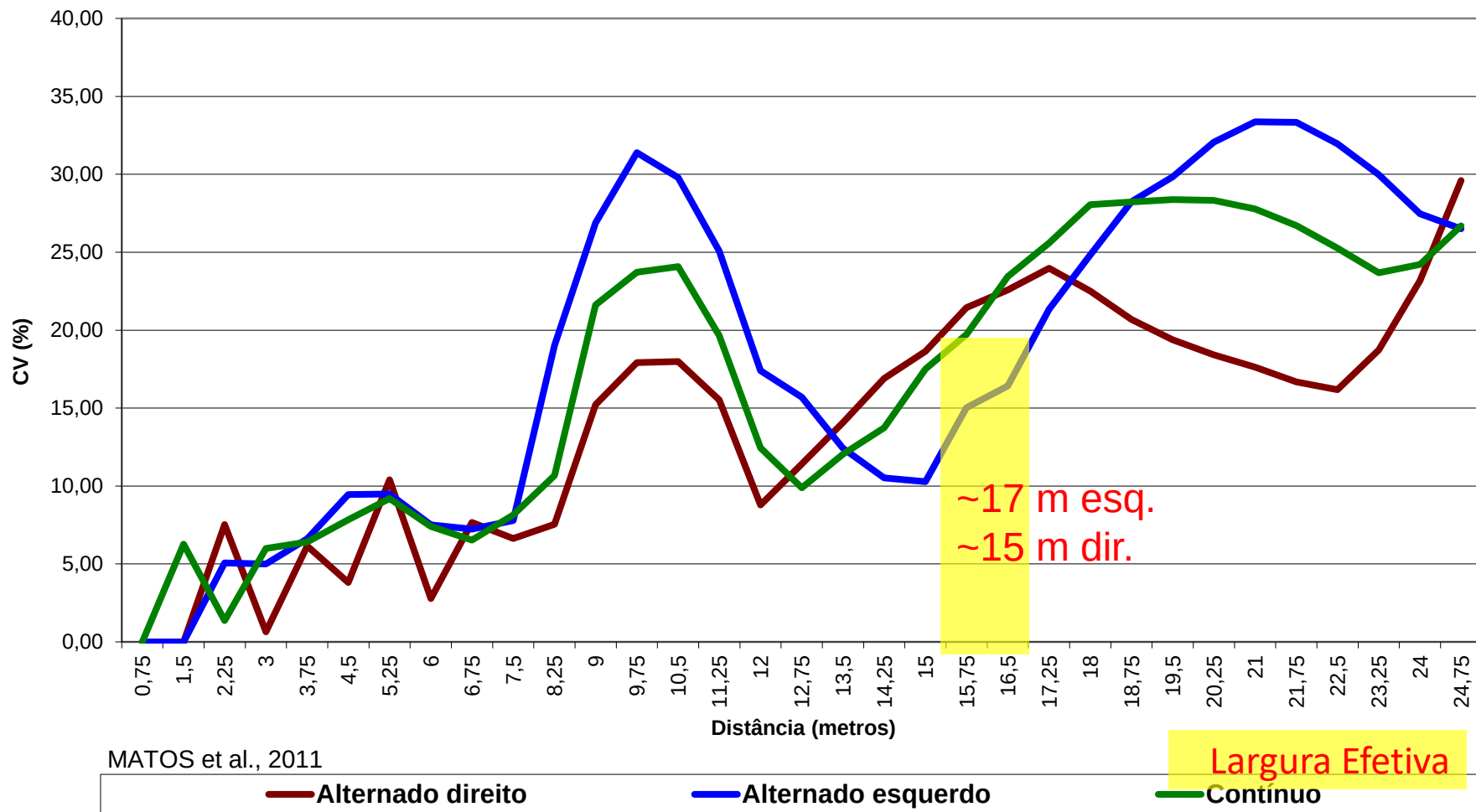
Resultados – 1ª aplicação a lanço (agrupando peso no coletor central)



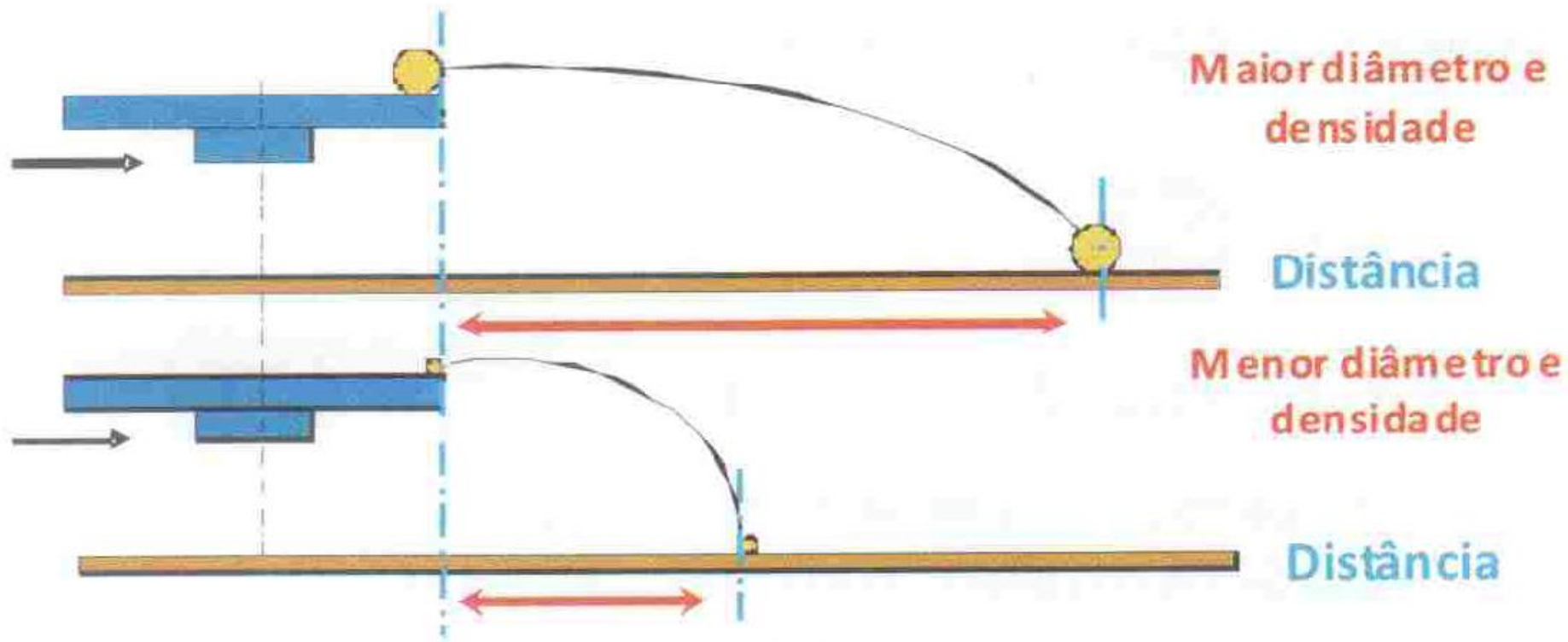
Resultados – 2ª aplicação a lanço (agrupando peso no coletor central)



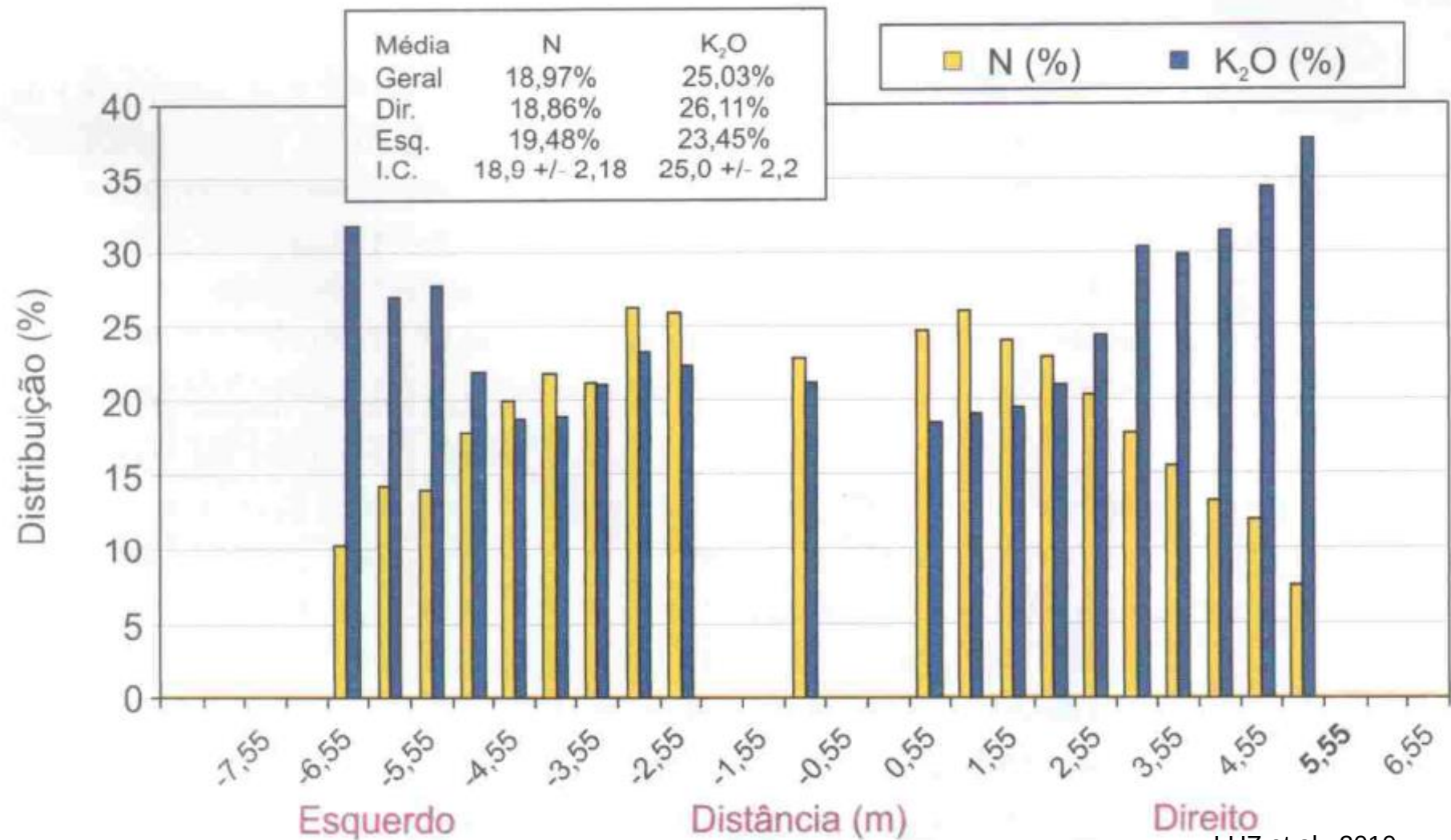
Resultados – 3ª aplicação a lanço (agrupando peso no coletor central)



Segregação de partículas

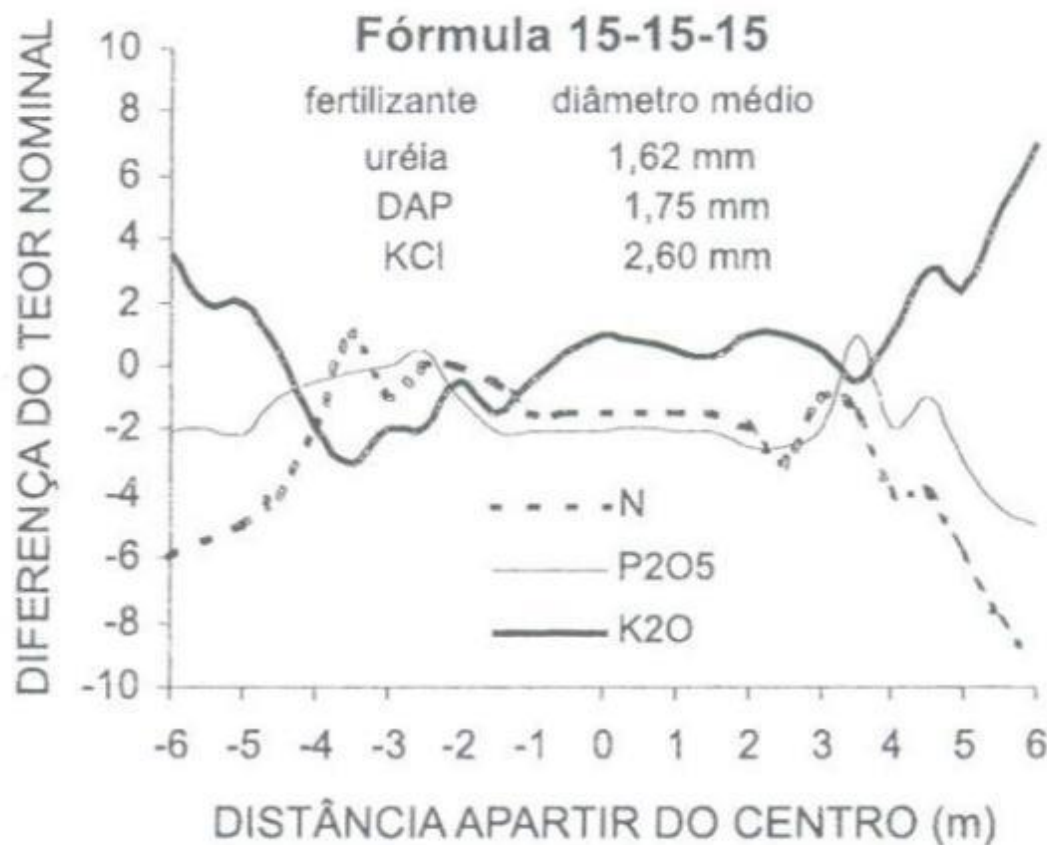


Segregação química do fertilizante 22-00-22 (mistura de uréia e cloreto de potássio) ao longo da faixa de aplicação em equipamento com mecanismo dosador gravitacional e mecanismo distribuidor pendular.



LUZ et al., 2010

Segregação de partículas



- 6 m	- 3,5m	0 m	+ 3,5m	+ 6m
9,0-13,0-18,4	16,6-15,1-12,1	13,6-12,8-16,2	13,7-16,0-14,6	6,2 - 9,9 - 22,1

Variação dos teores de N, P₂O₅ e K₂O de uma fórmula 15-15-15, aplicada por uma adubadora com distribuição centrífuga, em função da distância a partir do centro de aplicação

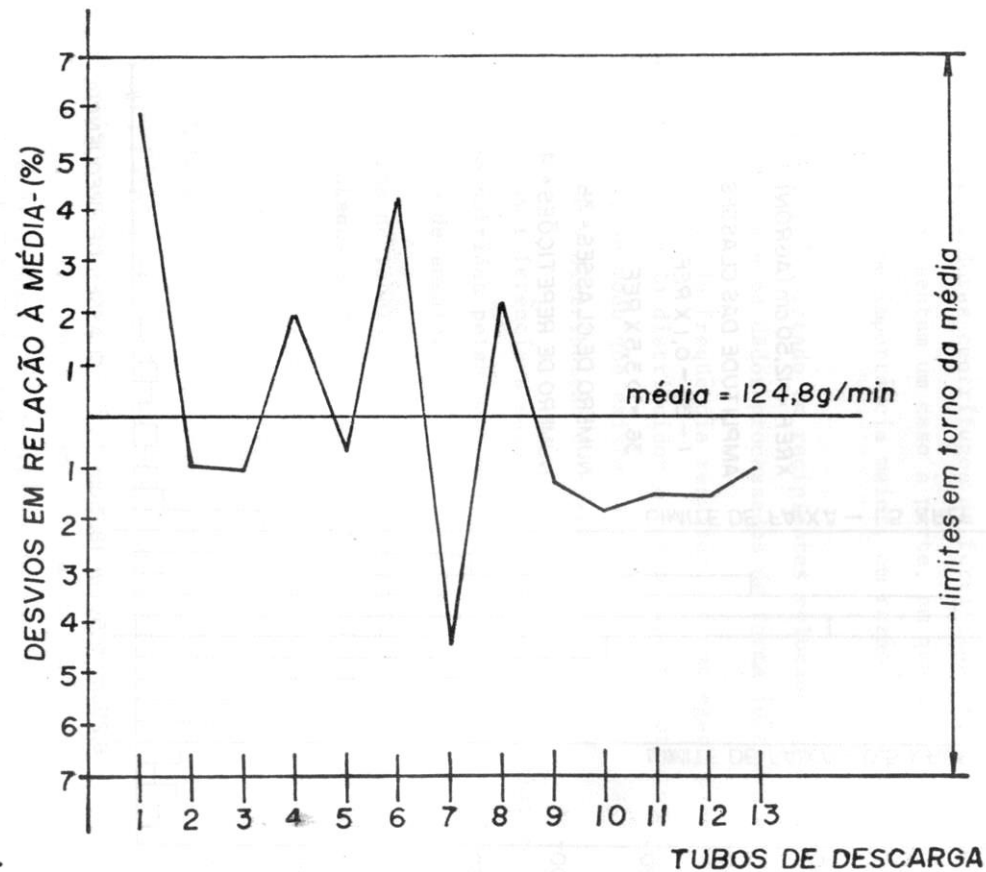
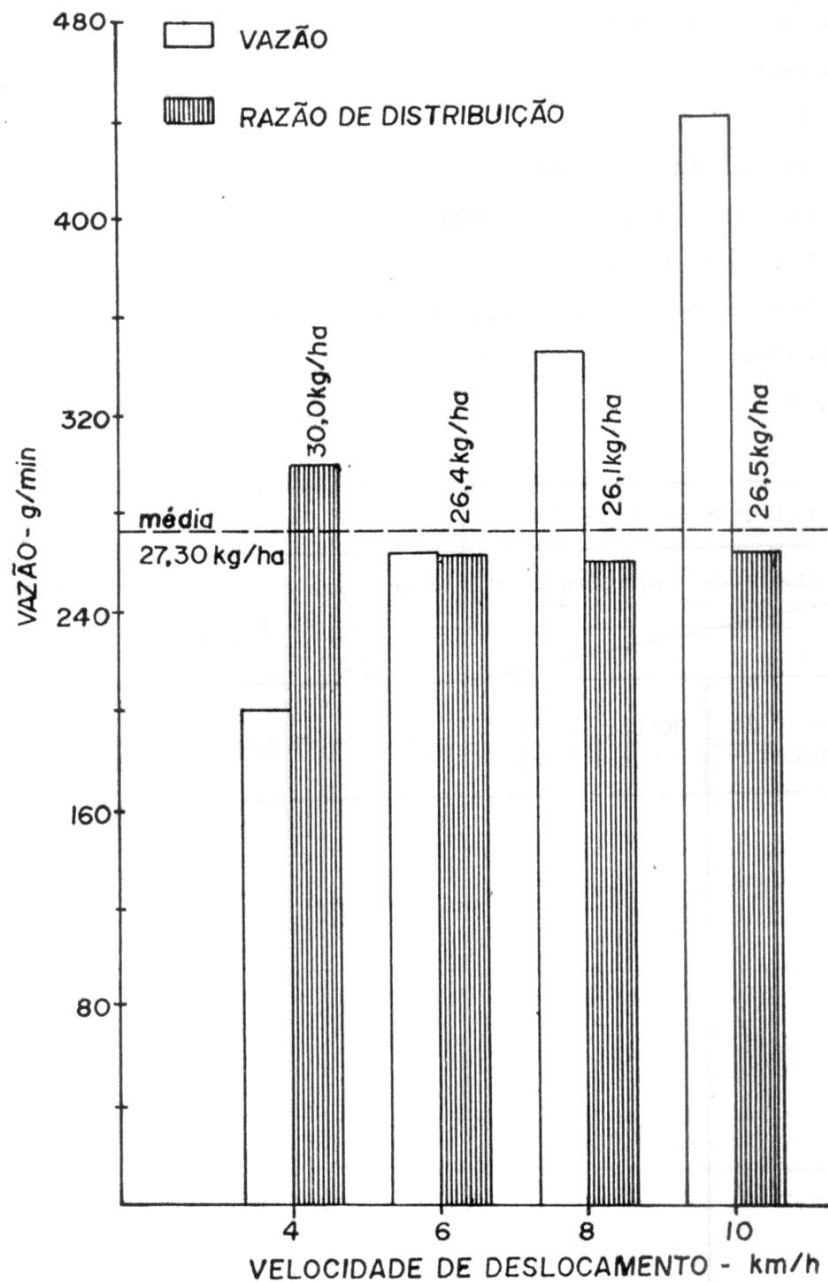
Adaptado de POPP e ULRICCH, 1985

Formulação dos fertilizantes em pontos localizados da extensão da faixa de aplicação, válida para o sistema de percurso contínuo

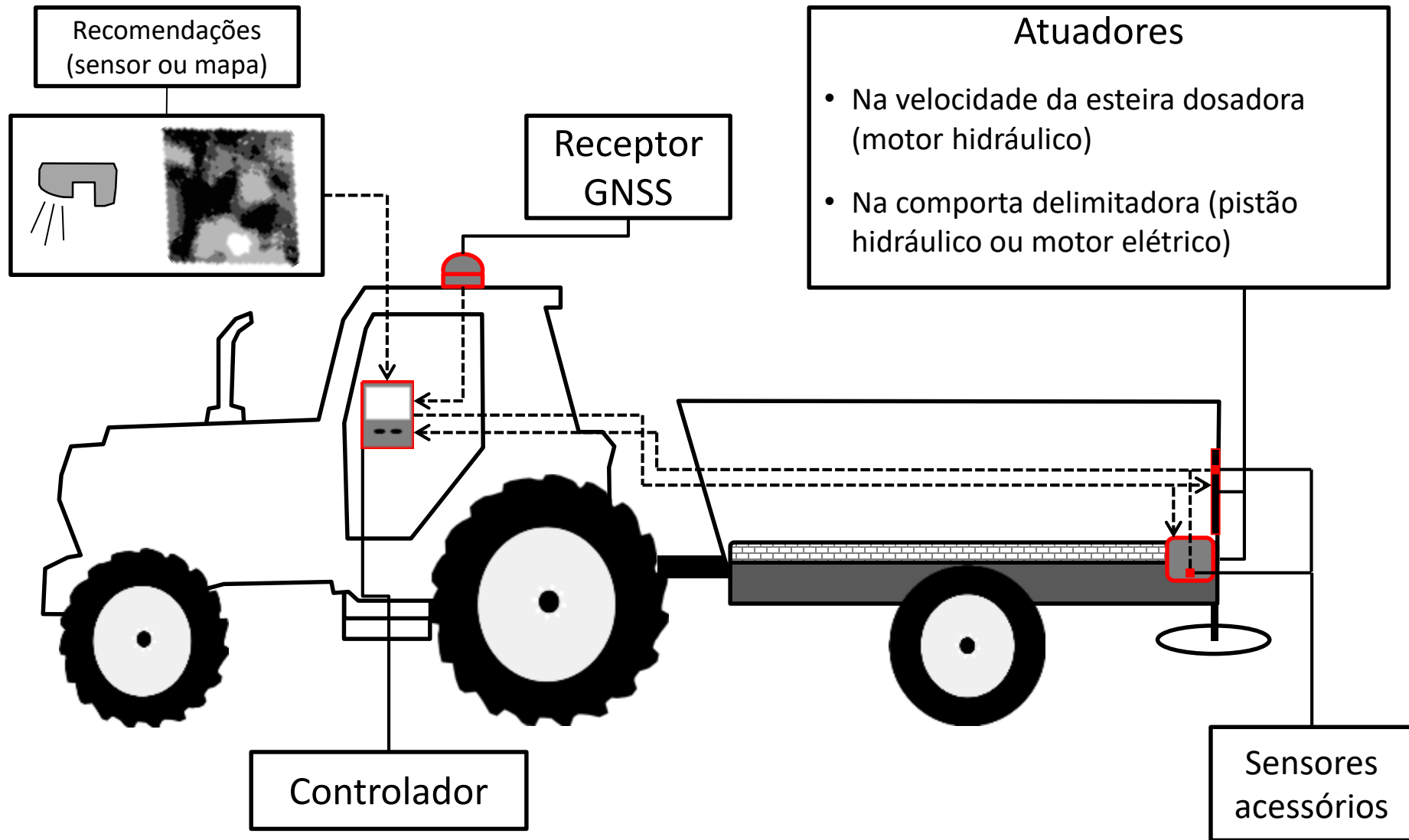
Nutrientes	Fertilizantes							
	Y				X			
	Fórmula original	Extremidade esquerda	Meio	Extremidade de direita	Fórmula original	Extremidade esquerda	Meio	Extremidade de direita
N	6,0	4,93	4,96	5,03	6,0	5,45	5,44	5,43
P ₂ O ₅	18,0	16,65	16,96	16,60	18,0	17,18	17,08	16,99
K ₂ O	18,0	23,83	23,71	24,15	18,0	18,87	19,00	19,13
Ca	5,0	5,67	5,90	5,55	5,0	6,95	6,82	6,68
S	6,0	6,00	6,14	5,93	5,0	5,95	5,89	5,83
Zn	-	-	-	-	0,10	0,19	0,19	0,20
B	-	-	-	-	0,04	0,07	0,06	0,06

MOLIN et al., 2009





O que é um controlador de taxa variável?

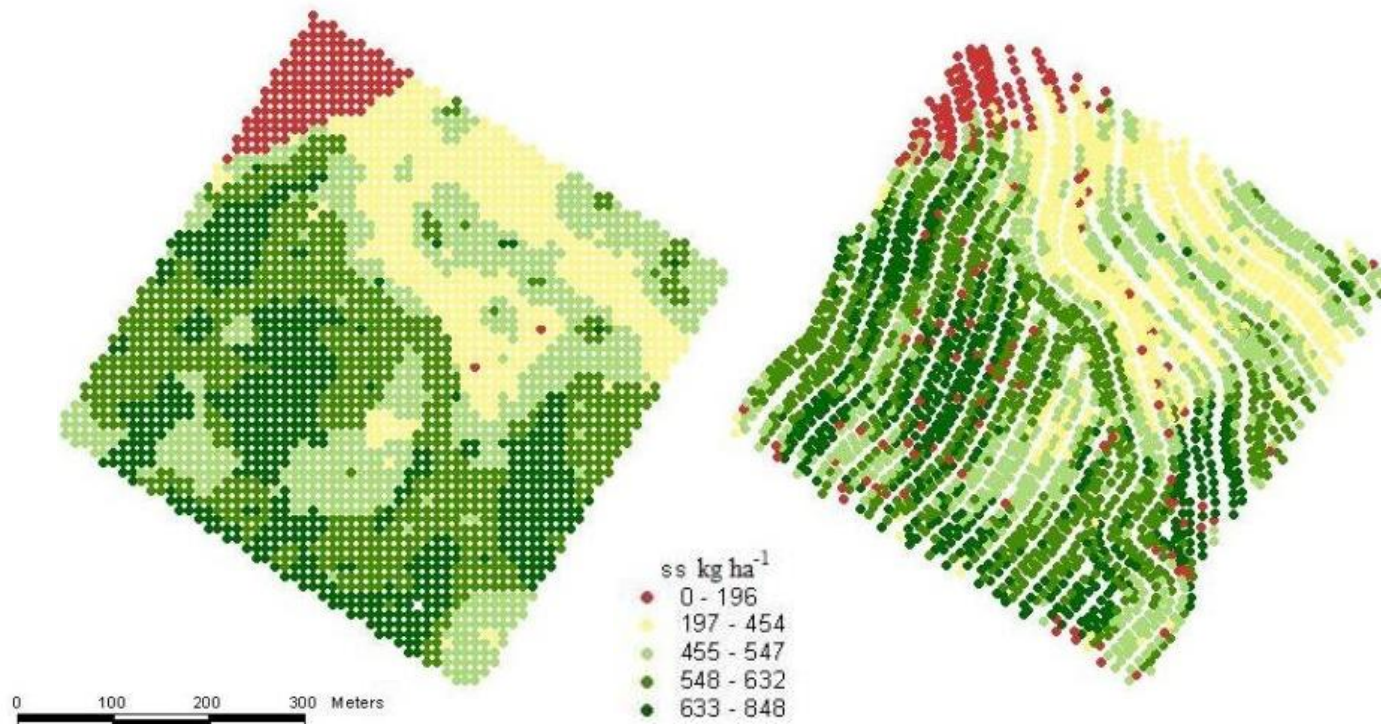


Colaço (2015)

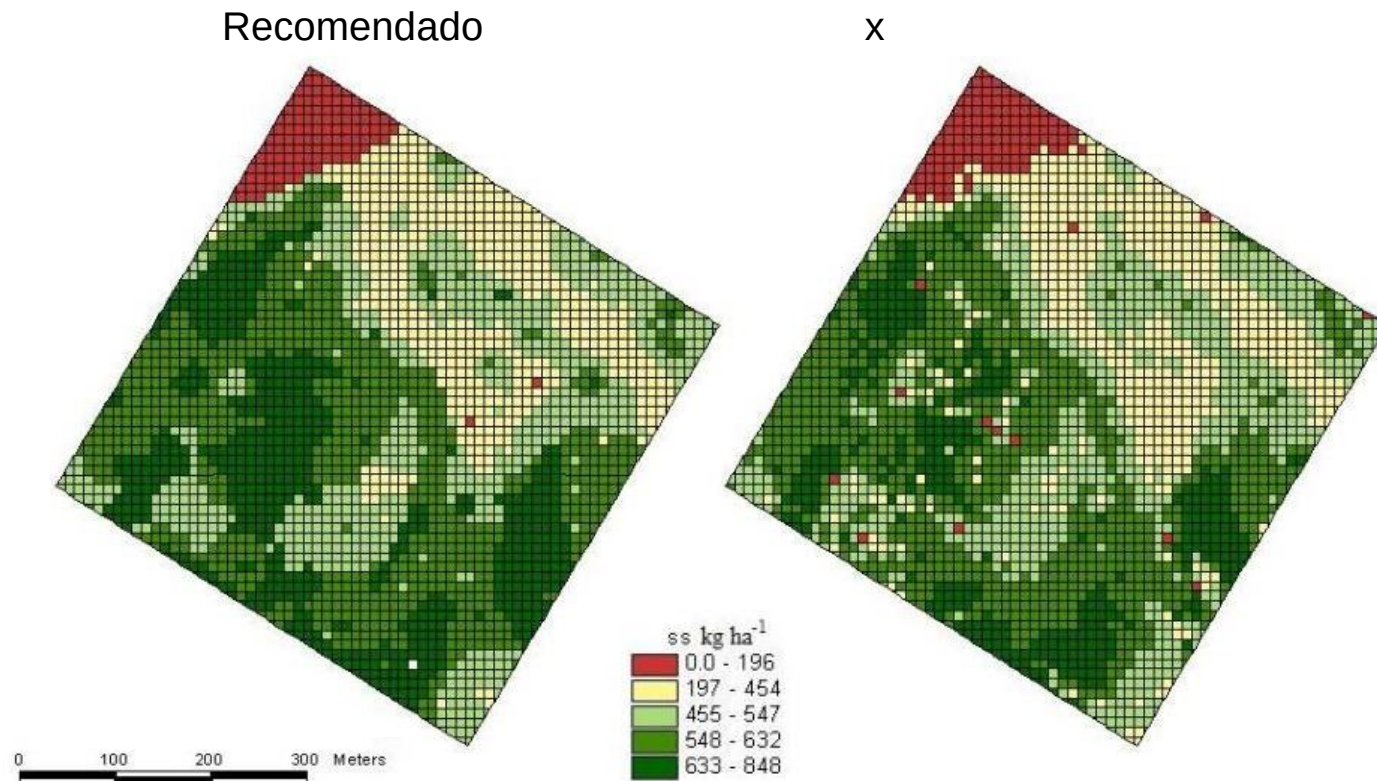
Monitoramento das aplicações

Recomendado

x

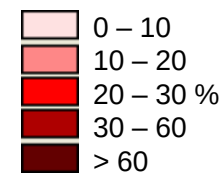
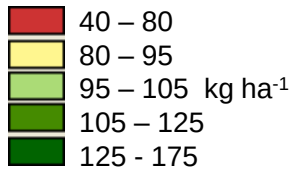
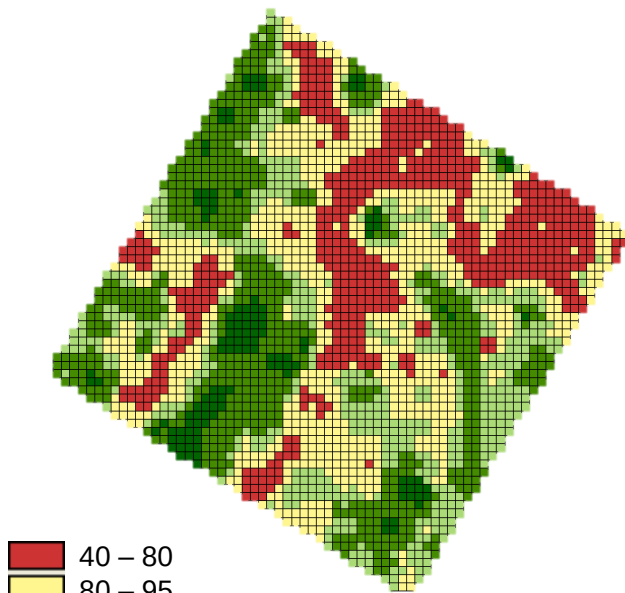


Monitoramento das aplicações



Recomendação KCl

KCl Aplicado



Erro de aplicação

Monitoramento
das aplicações